

Gottfried Wilhelm Leibniz seiner Zeit weit
voraus als Philosoph, Mathematiker,
Physiker, Techniker...
– ein Extrakt der gleichnamigen
Ausstellungen –

Stein, Erwin

Veröffentlicht in:
Abhandlungen der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 54, 2004,
S.131-171



J. Cramer Verlag, Braunschweig

**Gottfried Wilhelm Leibniz
seiner Zeit weit voraus als Philosoph, Mathematiker,
Physiker, Techniker...¹
– ein Extrakt der gleichnamigen Ausstellungen –***

ERWIN STEIN**

Universität Hannover, Institut für Baumechanik und Numerische Mechanik
Appelstraße 9 A, D-30167 Hannover



Bild 1: G. W. Leibniz, Stich von Martin Berningerroth

**1. Entstehung, Ziele und Inhalt der Leibniz-Ausstellung
der Universität Hannover**

Im Jahre 1986 las der Verfasser in der historischen Glosse einer mathematischen Fachzeitschrift vom Versuch einer jungen amerikanischen Mathematikerin,

* (Eingegangen 02.03.2005)

** Meiner Frau Gisela Stein in Dankbarkeit zum 75. Geburtstag gewidmet.

¹ Schriftliche Fassung des gleichnamigen Lichtbild-Vortrages vom 07. November 2003 an der Universität Hannover auf Einladung der Präsidenten der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft und der Universität Hannover

Gottfried Wilhelm Leibniz in Hannover ‚aufzusuchen‘. Sie konnte ihn aber visuell ohne Voranmeldung weder in der Niedersächsischen Landesbibliothek – bis auf die Büste –, gar nicht in der Universität Hannover, noch im leider kurzzeitig geschlossenen Leibnizhaus (in Betrieb seit November 1983) finden. Schließlich saß sie Leibniz-Kekse knabbernd auf den Stufen des Leibniz-Tempels im Georgengarten und sinnierte über den berühmtesten Mann, der je in Hannover lebte, und zwar von 1676 bis zu seinem Tod im Jahre 1716, und der mit seinen Ideen, neuen Erkenntnissen und genialen Erfindungen die Entwicklung von Wissenschaft, Kultur und Wirtschaft – und damit das Leben jedes Einzelnen – nachhaltig beeinflusste.

Durch die vorhergehende langjährige Befassung mit Leibniz wurde die erwähnte historische Glosse zum Schlüsselerlebnis und bewirkte, seine mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Werke in der Universität Hannover und darüber hinaus sichtbar und erlebbar zu machen. Die Gelegenheit hierzu bot sich anlässlich der Jahrestagung 1990 (vom 09. bis 12. April) der GAMM (Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik) an der Universität Hannover, deren Tagungsleiter der Verfasser war, mit der Ausstellung „Gottfried Wilhelm Leibniz: Mathematiker, Physiker, Techniker“ und einem zweitägigen Leibniz-Symposium zusammen mit dem damaligen Leiter des Leibniz-Archivs der Niedersächsischen Landesbibliothek, Prof. Dr. phil. Albert Heinekamp. Das Motto der Ausstellung war bereits damals „Leibniz zum Anfassen und Verstehen“, verwirklicht durch funktionstüchtige und anschauliche Neubauten und zunächst auch Ausleihen von Modellen zu den bedeutendsten Leibnizschen Erfindungen, vor allem zu den Rechenmaschinen, zu Schwingungs- und Optimierungsproblemen in der Mechanik sowie zu technischen Verbesserungen für den Oberharzberger Bergbau. Außerdem wurden Erstausgaben mehrerer bedeutender Bücher und Aufsätze ausgeliehen.

Motivation und Ziele der Ausstellung waren somit:

- Die anschauliche Vermittlung seiner grundlegenden Erfindungen und Entdeckungen in Mathematik, Physik und Technik, besonders der dezimalen und dualen Rechenmaschinen, anhand von größtenteils neu entwickelten, voll funktionsfähigen Modellen und Nachbauten sowie deren Beschreibungen mit Einblick in die wichtigen Konstruktionsdetails durch offene und durchsichtige Bauweisen.
- Das Aufzeigen von Verflechtungen seiner Erfindungen und Denkansätze mit den vielfältigen politisch-religiösen Entwicklungs- und Friedensplänen, den Akademie-Projekten in Verbindung mit der *scientia generalis*, den Leitideen seiner philosophisch-theologischen Modelle, den neuen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen zu Beginn der Zeit der Aufklärung mit den Postulaten „*nihil sine ratione*“ oder „*nihil fit sine causa sufficiente*“, sowie seinen Maximen „*theoria cum praxi*“ und „*commune bonum*“.

- Übergeordnet die anschaulich verständliche Aufbereitung des Leibnizschen wissenschaftlichen Werks mit unserem Anspruch „Leibniz zum Anfassen und Verstehen“ durch attraktive multimediale Darstellungen im Hinblick auf die relativ geringe Zahl von Veröffentlichungen zu seinen Lebenszeiten und den hierdurch recht geringen Bekanntheitsgrad seiner bedeutenden Leistungen.
- Die empfundene Verpflichtung als Professor der Universität Hannover, dem Genie Leibniz als dem bedeutendsten Wissenschaftler dieser Stadt (in der er – mit Unterbrechungen – 40 Jahre lang lebte) aus heutiger Sicht gerecht zu werden und seine Leistungen lebendig zu erhalten, auch dem Postulat folgend: „Die wahre Quelle der Wissenschaft ist das Studium der Meister“.

Zur ersten Ausstellung 1990 im Lichthof der Universität Hannover gehörten 15 Nachbauten und Modelle (davon 7 Ausleihen), 28 Bild- und Texttafeln, eine Vitrine mit Erstausgaben, die Leibnizbüste und ein Papierstapel zur Symbolisierung seines gewaltigen schriftlichen Nachlasses von 50.000 Stücken mit etwa 200.000 Seiten. Die künstlerische Gestaltung der Ausstellung oblag Professor Herbert Lindinger, Leiter des Instituts für Industrial Design der Universität Hannover. Charakteristisch hierfür waren 5 Kuben mit den Abmessungen $3 \times 3 \times 3 \text{ m}^3$ aus Kanthölzern, in denen die quadratischen Exponatplatten verschiedener Größe mittels diagonaler Abspannseile an den Kopf- und Fußpunkten befestigt sind. Weiterhin enthielten 5 Winkel-Stellwände – ebenfalls mit den Abmessungen $3 \times 3 \times 3 \text{ m}^3$ – die mit Spannseilen gehaltenen Bild- und Texttafeln in deutscher Sprache. Die dominante Farbe der Ausstellung ist ein kräftiges Blau, unser sogenanntes Lindinger-Blau. Mit dieser Farbe wurde auch der Einband des Begleitbuchs der Ausstellung gestaltet, herausgegeben von E. Stein und A. Heinekamp [1]; es enthält 6 Beiträge von den namhaften Leibnizforschern A. Heinekamp (Leben, Philosophie), H.-J. Heß (Infinitesimalrechnung), E. Knobloch (Determinantentheorie), H. Breger (Prinzipien der Naturforschung), L. von Mackensen (Dekadische und duale Rechenmaschinen) und J. Gottschalk (Technische Verbesserungsvorschläge für den Oberharzer Bergbau), sowie den von A. Heinekamp und E. Stein gestalteten Bild- und Textteil mit den Exponaten und Erläuterungen hierzu mittels Handschriften, Skizzen und Publikationen. Finanziert wurden Ausstellung und Begleitbuch 1990 hauptsächlich durch die Stiftung Niedersachsen und den Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft.

Diese Ausstellung wurde im Jahre 1990 sehr erfolgreich auch im Wissenschaftszentrum Bonn und im Museum in Minden/Westfalen gezeigt, jeweils verbunden mit Vortragsveranstaltungen.

Die zweite Leibniz-Ausstellung – nun in deutscher und englischer Sprache einschließlich der neuen Begleitbücher – wurde anlässlich der Weltausstellung 2000 in Hannover (der Expo 2000) von K. Popp und dem Verfasser – im Hin-



Bild 2: Leibniz-Ausstellung Hannover 2000

blick auf ihr Leitmotto „Mensch, Natur, Technik“, das auch für die Leibnizschen Projekte zutrifft – neu mit Erweiterungen erstellt, wieder unter gestalterischer Mitwirkung von H. Lindinger und weiterhin von R. Tamm. Die Bild- und Texttafeln – geschrieben 1990 für Mathematiker, Physiker und Ingenieure – wurden vom Verfasser und F. Bosinelli neu mit dem Ziel gestaltet, für Interessenten mit Abitur, möglichst schon mit mittlerer Reife, verständlich zu sein. Das neue Begleitbuch [2] – getrennt in deutscher und englischer Sprache – wurde inhaltlich erweitert und umstrukturiert, so dass nun der Ausstellungsteil mit den Bildern und Erläuterungen der Exponate in die 6 Aufsätze zu den Themen der Ausstellung aus [1] integriert ist.

Bild 2 zeigt ein Foto der Ausstellung 2000 im Lichthof der Universität Hannover.

Trotz der maßgeblichen Mitwirkung des Verfassers an der termingerechten Fertigstellung und vor allem der Tragsicherheit der neuartigen Glaskonstruktionen des Deutschen Pavillons der Expo 2000 gelang es ihm nicht, auch nur ein Plakat zur Ankündigung der Leibniz-Ausstellung im Lichthof der Universität Hannover an den Informationswänden des Deutschen Pavillons anbringen zu dürfen. Es sei auch erlaubt anzumerken, dass in der sogenannten Preshow im Deut-

schen Pavillon mit etwa 40 Gipsköpfen zwar Platz und Gips für den Erfinder der Love Parade in Berlin übrig war, nicht aber für Leibniz – und das in Hannover! Dies wirft ein bezeichnendes Licht auf die tatsächliche Bedeutung von Wissenschaft in unserem Lande und deren Rang im öffentlichen Leben. Es zeigt, dass es großer Anstrengungen von fähigen Wissenschaftlern bedarf, der Verflachung des ‚Kulturkonsums‘ unter maßgeblicher Mitwirkung von Bund, Ländern, Industrie und Medien entgegenzuwirken – z. B. durch unsere Leibniz-Ausstellung und darüber hinaus die in der Planung des Verfassers befindliche Ausstellung „Niedersächsische Wissenschaftsgeschichte“ in Einzeldarstellungen für die 20 bis 25 bedeutendsten Denker und Forscher, die in Niedersachsen geboren wurden oder/und hier wirkten.

Die zweite Leibniz-Ausstellung aus dem Jahre 2000 erforderte neue Kuben, weil sich die alten Kanthölzer aus Vollholz sehr verzogen hatten. Es wurden neue und verbesserte Exponate konstruiert und gebaut und auch die Philosophie als zur Leibniz-Zeit noch übergeordnete Wissenschaft stärker einbezogen. Nach Hannover wurde die Ausstellung im Jahre 2000 auch in der Orangerie des Hessischen Landesmuseums Kassel, 2001 anlässlich des VII. Internationalen Leibniz-Kongresses an der Technischen Universität Berlin in deren Lichthof und 2002 während des und 3 Monate nach dem 5. Weltkongress der IACM (Internat. Ass. for Computational Mechanics) in der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Wien gezeigt.

Bedeutende Sponsoren der 2. Leibniz-Ausstellung waren die Firmen Preussen Elektra, Hannover, Wund Objektbau, Friedrichshafen, Continental, Hannover, und BMW Group, München.

Mit Hilfe eines DFG-Forschungsvorhabens von K. Popp und dem Verfasser wurde von 2003 bis 2005 unter maßgeblicher Mitwirkung von Dr.-Ing. F.-O. Kopp eine im gesamten verfügbaren Zahlenbereich voll funktionsfähige Leibnizsche dezimale Vier-Spezies-Rechenmaschine in der Bauweise nach 1693 (mit Staffelwalzen statt Sprossenrädern) mit 6 Eingabe- und 12 Resultatstellen im Maßstab 2:1 gebaut, einschließlich zweier großmaßstäblicher wichtiger Detailkonstruktionen im Maßstab 8:1. Dieser neue Nachbau enthält nicht nur die notwendige Verbesserung von Nikolaus Lehmann, Dresden, aus den 80er Jahren für abnehmende Winkel zwischen den Zweihörnern von rechts nach links, sondern auch die von uns entdeckte notwendige Weiterdrehung der Magna-Rota-Kurbel über 360° hinaus für 8-stellige Zehnerübertragungen im allgemeinen ungünstigsten Fall.

Außerdem wurde 2004 mit Mitteln der West LB Panmure, Düsseldorf, vom Verfasser und G. Weber eine duale Rechenmaschine, die „Machina Arithmeticae Dyadicae“, nach der Leibnizschen Beschreibung von 1679 mit neuen Funktionsdetails für den Zweierübertrag in Acrylbauweise konstruiert und 2004 von G. Weber gebaut, die im gesamten verfügbaren Zahlenbereich voll funktionsfä-

hig ist, auf dem Erstentwurf von L. von Mackensen aus dem Jahre 1969 basiert, aber in wesentlichen Teilen erheblich hiervon abweicht.

Zusätzlich wurde 2002 von K. Ludewig erstmals ein Funktionsmodell der „Neuen Treibkunst“ für periodische Hin- und Herbewegungen eines parallelen Gestänges für den Antrieb zweier Pumpensätze sowie zusätzlich für umkehrbare Hebe- und Senkbewegungen von Erz-Fördereimern gebaut. Diese von Leibniz um 1694 für den Oberharzer Bergbau entwickelte und damals versuchsweise gebaute komplizierte Maschine mit genialen konstruktiven Ideen wird von einem exzentrischen (krummen) Zapfen an der Drehachse einer Wasserkunst angetrieben. In unserem Modell werden alle Funktionen mit leichter Bedienung verwirklicht.

Insgesamt enthält die Leibniz-Ausstellung seit Januar 2005 nunmehr 20 voll funktionstüchtige sowie visuell und logisch leicht verständliche Nachbauten und Modelle, die bis auf die Vertikalwindkunst (Dauerleihgabe des Historischen Museums Hannover) alle in unserem Besitz sind; sie gehört zu je 50% der Universität Hannover und der Niedersächsischen Landesbibliothek, die seit März 2005 Gottfried Wilhelm Leibniz Bibliothek heißt. Mit der Leitung und Verwendung sowie dem weiteren Ausbau sind seit 1995 K. Popp und der Verfasser an der Universität Hannover unbefristet beauftragt.

Es sei erwähnt, dass die Ausstellung derzeit ‚multi-medial‘ erweitert wird, und zwar zunächst durch Filme über die Exponate und deren Erläuterungen unter Verwendung der Powerpoint-Lichtbild-Vorträge des Verfassers getrennt für die Teilgebiete: Vita, Mathematik, Physik, Rechenmaschinen, Bergbau und Philosophie. Diese Filme entstehen als Diplomarbeiten an der Hochschule für Gestaltung, Magdeburg, mit der Betreuung durch Prof. H. Hinrichsmeyer, Hannover; sie können durch Menüklicks auf einer größeren Zahl von Bildschirmen abgerufen werden, die in einem Nebenraum der Ausstellung installiert sind. Weiterhin wird ein Leseraum mit Kopien wichtiger Leibnizscher Schriften eingerichtet. Und schließlich sind filmisch dokumentierte Interviews in Vorbereitung – sowohl erdachte zwischen Leibniz und bedeutenden Zeitgenossen (verkörpert durch Schauspieler) als auch Einzel-Interviews und Gesprächsrunden mit heutigen namhaften Leibnizforschern. Die zugehörigen Filme sollen ebenfalls über ein bereits erstelltes Menu auf Bildschirme projiziert werden.

Die skizzierten Erweiterungen sollen nicht nur heutigen Ansprüchen und Möglichkeiten von Ausstellungen genügen, sondern auch den Leibnizschen Postulaten für seine Akademieprojekte gerecht werden, nämlich Wissenschaft anschaulich und damit auch praktisch anwendbar darzustellen, also die *Brücke zwischen Theorie und Praxis* zu schlagen, was bekanntlich nicht leicht ist. Vor allem in jungen Menschen soll das Interesse an der lebendigen Geschichte der bedeutendsten Köpfe unseres Landes geweckt werden.

In Verbindung mit der Weiterentwicklung der Leibniz-Ausstellung entstanden die Arbeiten [3-6] und seit Januar 2003 mehrere Lichtbildvorträge über Leibniz, die 2003 und 2004 vom Verfasser an den Universitäten Stuttgart, Hannover, Wuppertal, Dresden, Darmstadt, im Tilemann Gymnasium Limburg/Lahn und noch zweimal an der Universität Hannover gehalten wurden. Hierbei zeigte sich immer wieder, dass es viel Unwissenheit gibt und andererseits großes Interesse am gründlichen Verstehen der Leibnizschen Erfindungen anhand der vorgeführten Modelle. Aber auch die Verflechtungen mit den übergeordneten philosophischen Leitgedanken sind sehr wichtig und wurden in den Vorträgen und nachfolgenden Diskussionen erörtert.

Aus diesen Vorträgen ist die vorliegende Arbeit mit einer Reihe integrierter Powerpointbilder entstanden, insbesondere aus dem auf Einladung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft und der Universität Hannover gehaltenen Vortrag am 07. November 2003 an der Universität Hannover. Diese Anmerkung ist für die Einordnung des Textes wichtig. Es wird sowohl auf die Vermittlung unserer neuen Erkenntnisse zu den Leibnizschen Erfindungen als auch auf die sie verknüpfenden Ideen großer Wert gelegt. Dass die Bilder hierbei eine gewisse eigene Abgeschlossenheit zeigen, ist durch ihre Verwendung in Vorträgen unvermeidlich.

2. Die Vernetzung der Leibnizschen Forschungsgebiete – Rechnen und Zusammenführen

Um Bedeutendes, ja Großes zu schaffen, bedarf es eines starken, moralisch fundierten Willens, sehr vielen Fleißes und der Stetigkeit sowie eines offenen, dialektisch geschulten Geistes, der nach Leibniz „ratio et religio“ verpflichtet sein sollte. Allzu viele vergeuden ihre Zeit mit Nebensächlichkeiten, billiger Zerstreuung oder gar Faulheit. Denen sei mit Leibniz gesagt: „Pars vitae quoties perditur hora perit“ (Immer wenn man eine Stunde verliert, vergeudet man einen Teil seines Lebens), was aber zugleich meint, dass die Beschäftigung mit Natur und Kunst und die Zuwendung zu Menschen in Liebe oder Freundschaft gewonnene Zeit bedeuten.

In scientia naturalis und in praxi vitae ist es wichtig, die mit den Sinnen wahrnehmbaren Fakten und Daten der Welt, z. B. in der Physik – der philosophia naturalis – objektiv mit Ratio und Empirie zu beschreiben, wobei man sich täuschen kann; aber ohne theoriegeleitete Deutungen und logische Verknüpfungen der Phänomene von den Ursachen her, also die dialektisch kritischen Fragen des „Wie“ und „Warum“, ist kein bedeutender wissenschaftlicher und praktischer Fortschritt möglich.

Es bedurfte insbesondere in rebus mechanicis – im Unterschied zur „mechanica practica“ der ‚Alten‘ und unbeschadet ihrer großartigen Errungenschaften in

der Geometrie – der neuen „mechanica rationalis“, wie sie Isaac Newton aufbauend auf Galileo Galileis Entdeckungen der Trägheitskraft und der Fallgesetze in seinem epochalen Werk „*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*“ im Jahre 1687 publizierte. Und es bedurfte auch der neuen Analysis des Infiniten, der Differential- und Integralrechnung, deren Entdeckung Isaac Newton und Gottfried Wilhelm Leibniz sich teilen, sowie einer grundlegenden Weiterentwicklung der Algebra in Verbindung mit der Kombinatorik, die Leibniz durch die Einführung von Determinanten und deren Gebrauch zur Auswertung von Polynomen und zur Lösung von Gleichungssystemen verwendete. Um aber z. B. viele gekoppelte lineare algebraische Gleichungen lösen zu können, braucht man Rechenmaschinen mit allen vier Grundrechenarten.

Damit alle diese Ingredienzien in einer neuen fortschrittlichen Zeit produktiv zusammenwirken und Neues hervorbringen können, musste eine „*Characteristica Universalis*“, eine für alle Sprachen der Völker verständliche logisch widerspruchsfreie Wissenschaftssprache erfunden und eingeführt werden, wodurch die zu gründenden Sozietäten der Wissenschaft in vielen Ländern für sich und im Zusammenwirken gemäß den Maximen „*Theoria cum praxi*“ (dem Leitmotiv der 1700 gegründeten Brandenburgischen Sozietät der Wissenschaften) und „*commune bonum*“ (dem Postulat zur Verpflichtung für das allgemeine Beste) die geistigen und materiellen Lebensbedingungen der Menschen verbessern helfen. Hierfür sind philosophische und theologische Leitbilder unerlässlich, die auf der Ratio fußen müssen, denn bei Leibniz gilt das Kausalitätsprinzip „*nihil sine ratione*“ oder „*nihil fit sine causa sufficiente*“. In Erweiterung der philosophischen Ansätze von Thomas Hobbes, John Locke und insbesondere der mechanistischen Menschenbilder von René Descartes (scharfe Unterscheidung zwischen dem Ausgedehnten und dem Geistigen) und Benedictus de Spinoza (Notwendigkeit allen Geschehens) versucht Leibniz die Verknüpfung der auf Aristoteles und Augustinus fußenden Hoch- und Spätscholastik und der mechanistischen Philosophie der beginnenden Aufklärung mit dem Credo „*ratio et religio*“ in seinen philosophisch-theologischen Werken „*Essais de Théodicée sur la Bonté de Dieu, la Liberté de L'Homme et l'Origine du Mal*“ (1710) und die „*Monadologie*“ (1712-14). Hierin geht Leibniz von der Unterscheidung zweier Bereiche der Wirklichkeit aus: der Welt der physikalischen Erscheinungen und der Welt der geistigen Substanzen oder Monaden (Einheiten) ohne räumliche Ausdehnung. Die erste, die Welt der Naturwissenschaften, ist durch kausale Gesetze von Ursache und Wirkung bestimmt; sie ist jedoch begründet in der Welt der Monaden, einfachen unteilbaren Geisteinheiten und Kraftzentren für Antriebe, Ziele und Zwecke des postulierten moralischen Handelns aller lebenden Geschöpfe mit der Maxime der Vervollkommenung gemäß der göttlichen Absicht der Schöpfung.

Aus der unverwechselbaren Individualität des Menschen mit seinen teils großartigen wissenschaftlichen und künstlerischen Leistungen und mit bedingter

Entscheidungsfreiheit schließt Leibniz, dass die erlebbare Welt ihren Sinn nicht in sich selbst haben kann; ihr Grund kann vielmehr nur in einem notwendigen Wesen gesucht werden, das von der Welt verschieden ist und Gott genannt wird. Gottes Geist umfasst unendlich viele, nicht gleichwertige Welten. Aufgrund seiner Vollkommenheit, Allmacht und Allwissenheit konnte Gott nur die Beste aller denkbar möglichen – auch im moralischen Sinne – schaffen. Leibniz' philosophisches Hauptwerk, die „*Théodicée*“, befasst sich hauptsächlich mit der Frage, warum das Böse eine Notwendigkeit in dieser „besten aller möglichen Welten“ ist und letztlich das Gute bewirkt. Diese Leibniz' teleologische (zielgerichtete) Weltauffassung wurde bereits im 18. Jahrhundert bekämpft und verspottet; das teleologische Weltprinzip mit Optimalitätsprinzipien auch in den Naturgesetzen war aber ein wichtiger Antrieb bei der Entdeckung der Extremalprinzipien der klassischen Physik, angefangen von Leibnizens erster Formulierung eines Extremalprinzips der Mechanik fester Körper bis zu den Minimalprinzipien von Lagrange und Hamilton im 18. und 19. Jahrhundert für die deterministische Mechanik von dynamisch bewegten und deformierten Körpern in nicht relativistischen Bereichen.

Dieser Überblick zu Beginn, eine „*tour de force*“ durch Strukturen und Ziele Leibnizschen Denkens und Erfindens, soll vermitteln, dass jedes Teilgebiet seiner Interessen mit allen anderen verknüpft ist und die *ratio* der mathematischen auch in den übergeordneten philosophischen Denkstrukturen eine große Rolle spielt. Er hinterließ kein vollständiges philosophisches System – wie z.B. später Immanuel Kant – sondern vermittelt eine perspektivische Darstellung der Wirklichkeit, die dem Menschen eine – wenn auch hypothetische – hoffnungsvolle Zukunft eröffnet, die allerdings ständiger großer moralischer Anstrengungen bedarf.

Es folgen Anmerkungen zu weiteren – im Titel dieses Beitrages nicht genannten – Interessengebieten von Leibniz:

Er wurde 1666 an der Universität Altdorf zum Dr. jur. beider Rechte promoviert und schrieb 1667 in Mainz eine brillante juristische Arbeit zur Reform des Rechts mit dem Titel „*Nova Methodus discendae docendaeque jurisprudentiae*“. Ihm wurde in Altdorf eine Jura-Professur angeboten, die er ausschlug, denn er wollte – unter dem Schirm der politisch Mächtigen – im Zeitalter von Absolutismus und barocker Kultur nicht nur neue Erkenntnisse gewinnen und anwenden, sondern als politischer Berater und Diplomat Einfluss auf neue geistige und materielle Entwicklungen in den weiterhin zu befriedenden europäischen Staaten und Kirchen zum Besten der Gesellschaft und eines besseren Lebens jedes Einzelnen ausüben. Ein besonderes Anliegen waren ihm hierbei Akademiegründungen, mit Erfolg in Berlin im Jahre 1700 mit dem Leitspruch „*Theoria cum Praxi*“, jedoch ohne Erfolge zu Lebzeiten in Wien und Dresden. In vielen Schriften begründete er als kreativer Wissenschaftsorganisator die Notwendigkeit, „die Civilisation zu leiten und zu befördern“.

Auch als ein im Verlauf von 32 Jahren insgesamt sechsfacher Rat in Mainz, Hannover, Braunschweig-Lüneburg, Berlin, St. Petersburg und Wien half ihm die abstrakt-formale juristische Denkweise bei der Beurteilung politischer und religiöser Interessenkonflikte der Herrscher und deren scharfsinnige, meist geschätzte Beratung.

Von Bedeutung sind auch Leibniz' historische Forschungen, vor allem beim langwierigen Verfassen der „Geschichte des Welfenhauses“, womit er im Jahre 1685 von Herzog Ernst August von Hannover beauftragt wurde, sich drei Jahrzehnte lang sehr schwer damit tat und dabei unter dem wachsenden Druck der Herzöge – seit 1692 der Kurfürsten – von Hannover litt. Leibniz begann mit der erd- und naturgeschichtlichen Entwicklung der Erde, besonders von Norddeutschland, beschrieb die verwickelten Prozesse der Besiedlung und Lebensweisen und war im Herbst 1714 bis ins Mittelalter um das Jahr 1005 vorgedrungen. Ihm kam es dabei immer wieder auf das Herauskristallisieren von Kausalketten an. Sein selbst vorbereitetes Problem war, dass er sehr weit ausholte und nur nach Quellen arbeitete, wofür er bei seinen vielen Reisen große Sammlungen angelegt hatte. Auch der Nachweis der Verwandtschaft des Braunschweigischen Welfenhauses mit dem bedeutenden alten italienischen Geschlecht der Este gelang ihm bei seiner Italienreise 1688. Dies war 1692 hilfreich beim Erringen der 9. Kurfürstenwürde für das Herzogtum Hannover.

Schließlich ist auch seine Bedeutung als Sprachforscher zu erwähnen. In seinen Arbeiten zum Programm einer Universalwissenschaft, hierin insbesondere zur Schaffung einer logisch widerspruchsfreien „characteristica universalis“ (einer allgemeinen Wissenschaftssprache) zeigte er Merkmale und Schwächen der existierenden menschlichen Sprachen auf, auch die Unzulänglichkeiten der traditionellen aristotelischen Syllogistik² (die Logik der Schlussverfahren).

Im 18. Jahrhundert entstand die Einschätzung, dass Leibniz der letzte Universalgelehrte und sicher ein Universalgenie war. Dies erkannten auch schon seine Zeitgenossen, denn in den letzten beiden Jahrzehnten seines Lebens war er in ganz Europa berühmt als Mathematiker, Philosoph und Erfinder von Rechenmaschinen, nur nicht am Hofe in Hannover, wo man weniger gut auf ihn zu sprechen war.

3. Lebensdaten

Die folgende Auswahl der wichtigsten Lebensdaten dient der zeitlichen Zuordnung von Leibniz' Entwicklung und seiner beruflichen Stellungen an den Höfen von Herzögen, Kurfürsten und Kaisern.

² siehe z. B. G. Patzig: Die aristotelische Syllogistik (1959, 1969)

Lebensdaten

- 1646 * 1. Juli neuen Stils (21. Juni alten Stils) in Leipzig
- 1661-66 Studium: Jura, Philosophie und Mathematik in Leipzig und Jena, Promotion in Altdorf
- 1667-71 Mainz, Revisionsrat am Mainzer Oberappellationsgericht unter Kurfürst Johann Philipp von Schönborn
- 1672-76 Paris, in Diensten Schönborns, Infinitesimalrechnung, 1. Vier-Spezies-Rechenmaschine
- ab 1676 Hannover, Bibliothekar; seit 1678 Hofrat unter Herzog Johann Friedrich
- 1687-90 Reise nach Österreich und Italien
- 1691 Leiter der Wolfenbütteler Bibliothek
- 1696 Geheimer Justizrat unter Herzog Anton Ulrich von Braunschweig-Wolfenbüttel
- 1700 Gründung der Brandenburgischen Sozietät der Wissenschaften, mit Leibniz als ihrem ersten Präsidenten, Brandenburgischer Geheimer Justizrat
- 1711 Zwei Begegnungen mit Zar Peter dem Großen, Russischer Geheimer Justizrat
- 1712-14 Wiederholter Versuch der Gründung einer Sozietät der Wissenschaften in Wien unter Kaiser Karl VI, Reichshofrat in Wien
- 1716 † 14. November in Hannover; begraben in der Neustädter Stadt- und Hofkirche St. Johannis in Hannover
 - Leibniz reiste etwa 20.000 km in Europa mit der Kutsche
 - Es sind etwa 15.000 Briefe mit 1.100 Briefpartnern überliefert
 - Der Nachlass enthält etwa 50.000 Stücke mit etwa 200.000 Seiten und war die Basis der Niedersächsischen Landesbibliothek, seit 2005 „Gottfried Wilhelm Leibniz Bibliothek“ genannt.

Als Beispiel für seine öfters wenig aussichtsreichen Projekte sei nur ein abenteuerlich anmutender Plan näher erwähnt, nämlich das von Leibniz erdachte sogenannte „Consilium Aegyptiacum“ von 1671/72 zur Beeinflussung des französischen Sonnenkönigs Ludwig XIV, nicht kriegerisch in die Niederlande und Deutschland einzufallen, sondern stattdessen nach Ägypten zu ziehen, wo nach den erfolgreichen Vorbildern römischer Cäsaren mehr Schätze und auch Ruhm zu holen seien. Kurfürst Philipp von Schönborn willigte tatsächlich ein, und so

gelangte Leibniz in seinem Auftrag und Lohn nach Paris, noch fast ohne französische Sprachkenntnisse, ins damalige geistig-kulturelle Zentrum Europas; und nur dort waren wahrscheinlich seine Ausnahmeerfindungen der Infinitesimalrechnung und der Vier-Spezies-Rechenmaschine möglich. Der ägyptische Plan ging übrigens sang- und klanglos unter; Ludwig XIV war längst in die Niederlande eingedrungen und wischte den Plan bei Vorlage im Feldlager als überholt und bedeutungslos vom Tisch.

Dieses misslungene – aber für seine wissenschaftliche Entwicklung höchst bedeutsame – Projekt wirft ein bezeichnendes Licht auf seine späteren vielfältigen Projekte, z. B. zur Befriedung von absolutistischen Staaten und der Kirchen, auch der protestantischen Kirchen unter sich. Im Rückblick konnten die meisten Pläne gar nicht erfolgreich sein. Aber aus Nebeneffekten seiner Aktivitäten ergaben sich häufig neue Erkenntnisse und positive Einflüsse auf anderen Gebieten – er war eben seiner Zeit weit voraus.

4. Das 17. Jahrhundert, die Wiege der wissenschaftlich-technischen Neuzeit



Bild 3: Das 17. Jahrhundert, die Wiege der Neuzeit

Bild 3 zeigt eine Synopse der grundlegend neuen Entwicklungen im 17. Jahrhundert, aufbauend auf der – insbesondere italienischen – Renaissance im 15. und 16. Jahrhundert, die parallel zur Rückbesinnung auf das geistige und kultu-

relle Erbe der griechischen und römischen Klassik ein neues Naturverständnis hervorbrachte, vor allem in der Astronomie; es ist die Ablösung des klassischen geozentrischen – des „Ptolemäischen“ – Weltbildes durch das heliozentrische, das unter heftigem Widerstand des römisch-katholischen Klerus durch viele Beobachtungen und Messungen mit neuen Himmelsfernrohren, insbesondere nach Huygens und Galilei, und eine neue experimentell fundierte rationale Sicht von Naturphilosophie durch Nikolaus Kopernikus (1473-1543), Galileo Galilei (1564-1642) und Johannes Kepler (1571-1630) unabweisbar wurde.

Man muss bedenken, dass auch in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts – im Zeitalter des Barock – die Philosophie unter dem Einfluss der Scholastik in enger Nachbarschaft zur Theologie noch die übergeordnete „weltliche“ Wissenschaft („Weltweisheit“) war, die alle anderen Disziplinen umfasste und begründete. Und Leibniz ist – nach und neben Bacon, Descartes, Hobbes, Spinoza und Locke – der erste große deutsche Philosoph der Neuzeit, der den Übergang von der Scholastik zur Aufklärung Gestalt werden ließ sowie in Naturwissenschaft und Technik die entscheidene Einbeziehung der Praxis vorantrieb – daher der Leitspruch „Theoria cum Praxi“ der Berlin-Brandenburgischen Sozietät der Wissenschaften.

Die von Galilei (in seinen berühmten „Discorsi e Dimostrazioni Matematiche“, 1638) und von Huygens (in seinem Buch „Horologicum Oscillatorium“, 1673) eingeleitete neue Art von Naturwissenschaft auf der Grundlage von theoriegeleiteten Experimenten mit wiederholbaren Messungen – im Unterschied zur Methodik von Aristoteles, der die damalige *mêchanê* (die „mechanica practica“) eine „banausische“ Wissenschaft nannte – wurde gekrönt durch Isaac Newtons neue „mechanica rationalis“ in seinen „Principia“ aus dem Jahre 1687, einem epochalen Werk, das die Physik der Neuzeit einleitete. Mit 5 Erklärungen und 3 Axiomen, den Grundgesetzen der klassischen Mechanik, werden hierin u. a. auf 25 Seiten die Keplerschen Gesetze der Planetenbahnen vollkommen deduktiv ohne eine Hypothese hergeleitet. Hieran kann man die grundlegend neue Methodik in der Naturwissenschaft sehr gut erkennen.

Zu René Descartes' „Geometria“ (analytische Geometrie) von 1637 sei bemerkt, dass sie mathematisch ebenfalls eine neue Ära begründete, denn im griechischen Altertum hatte man – vergeblich – versucht, analytische Probleme geometrisch zu lösen, insbesondere die drei klassischen Probleme: Die Verdoppelung des Volumens eines Würfels, die Dreiteilung des Winkels und die Quadratur des Kreises, also die Berechnung der transzendenten Zahl π , für die ja Archimedes eine geniale Näherungslösung mit oberer und unterer Fehlerschranke durch das Um- und Einschreiben regelmäßiger Vielecke entdeckt hatte.

Und natürlich konnte die analytische Geometrie nur in Verbindung mit der neuen Infinitesimalrechnung von Newton (1699) und Leibniz (1673) ihre volle Leistungsfähigkeit als Grundlage für mathematische Modellbildungen und

Lösungen physikalischer und anderer Probleme entfalten. Dies waren die Grundbausteine der mathematischen Physik im 18., 19. und 20. Jahrhundert.

Leibniz hat als erster ein Extremalprinzip der Festkörpermechanik formuliert, geleitet durch sein philosophisch-religiös begründetes allgemeines Optimalitätsprinzip der Schöpfung und – *expressis verbis* – auch der Naturgesetze.

Im 17. Jahrhundert wurden weitere Optimierungsprinzipien der Mechanik und Optik entdeckt wie das Toricellische Prinzip der tiefstmöglichen Schwerpunktlage eines mechanischen Systems im stabilen statischen Gleichgewicht (1623), das Fermatsche Prinzip der kürzesten Zeit für den Weg eines Lichtstrahls durch Medien verschiedener Dichte (1635) oder die von Galilei in den „Discorsi“ beschriebene Fragestellung zum Dickenverlauf eines auskragenden Holzträgers mit dem kleinstmöglichen Gewicht bei gleicher Auslastung (Maximalbeanspruchung) aller Querschnitte (1638) sowie eine weitere Fragestellung zur Funktion einer – optimalen – Bahnkurve, auf der sich eine reibungsfreie unter der Wirkung der Schwerkraft herabgleitende Masse in kürzester Zeit bewegt; es ist das später – 1696 – von Johann Bernoulli in den *Acta Eruditorum* gestellte Problem der sogenannten „Brachistochrone“, der Kurve kürzester Zeit. Dies ist ein Variationsproblem, in dem ein Funktional, nämlich das Integral über alle Zeitelemente, ein Minimum annehmen soll, und gesucht ist die gesamte Lösungsfunktion (also nicht nur ein Funktionswert wie im Falle der gewöhnlichen Extremalrechnung), die sogenannte Extremale, im vorliegenden Fall die gewöhnliche Zykloide, die Galilei noch durch einen Viertelkreis approximiert, geleitet durch die von ihm entdeckten Fallgesetze und die Bewegungen von Körpern auf schiefen Ebenen.

Die neue, streng rationale und logisch widerspruchsfreie Leibnizsche Denk- und Arbeitsweise, die auch für die Schlussfolgerungen und Anwendungen neuer Denkmodelle und Theorien in Mathematik und Mechanik gelten muss, war durch die mechanistische Philosophie von Descartes und Spinoza vorgezeichnet, die ansatzweise auch bereits bei Aristoteles zu finden ist.

So sind bei Leibniz alle Interessengebiete und Projekte seiner „Leibnizwelten“ verknüpft durch die folgenden Denkgesetze aus der Überzeugung von der durchgängigen Rationalität alles Seienden:

- Satz vom Grund – Kausalitätsprinzip
Nihil est sine ratione
Nihil fit sine causa sufficiente
- Satz von der Identität und vom Widerspruch
Alles was ist, ist, und es kann unmöglich zugleich sein und nicht sein
- Kontinuitätsprinzip
natura non facit saltus

Wenn der Unterschied zweier Fälle im Gegebenen oder Vorausgesetzten kleiner als jede Größe wird, dann muss gleichzeitig auch im Gesuchten oder in den Folgerungen aus den Voraussetzungen der Unterschied kleiner als jede Größe werden

- Allgemeineres Ordnungsprinzip
Wenn es im Gegebenen eine Ordnung gibt, dann auch im (davon abhängigen) Gesuchten

5. Das Leibniz-Programm einer Universalwissenschaft

Von großer Bedeutung für die beabsichtigte umfassende europäische Entwicklung von Wissenschaft, Kultur und Gewerbe – insbesondere mit Hilfe von Akademiegründungen – war die Schaffung einer möglichst einfachen, aber widerspruchsfreien Wissenschaftssprache, denn die bestehenden gesprochenen Sprachen erfüllen diese Bedingung nicht. Deshalb ist das von Leibniz im Zeitraum von 1676 bis 1680 erdachte Programm einer Universalwissenschaft von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Man kann heute mit Blick auf die elektronische Informations- und Kommunikationsverarbeitung nur sagen, wäre es ihm doch gelungen! Denn es ist zu bedenken, dass sich bestehende Gesetzestexte, Verordnungen, technische Normen und sonstige Vorschriften ohne Änderungen und Ergänzungen nicht in Computerprogramme mit mehrstufigen Entscheidungsketten übertragen lassen – bis auf glückliche Ausnahmen. Der Grund liegt in der Widersprüchlichkeit von Aussagenlogik und Regellogik, z.B. bei der Verneinung von Sätzen mit Regeln.

Zu diesem Programm gehören:

1. Scientia generalis

Allgemeinste Wissenschaftslogik mit neuen Begriffsstrukturen, Leitfaden einer Enzyklopädie aller Wissenschaften als Aufgabe von wissenschaftlichen Sozietäten, Akademien

2. Characteristica universalis und ars inveniendi

Erfinden einer neuen wissenschaftlichen Universalsprache aus der Erkenntnis der Bedeutung geeigneter Zeichensysteme für eine widerspruchsfreie Darstellung und Kommunikation mit Regeln für die Bildung von Symbolen, Zeichen und Formeln; Entwickeln systematischer Methoden für die „Kunst des Erfindens“. Hierfür ist die Infinitesimalrechnung ein prägnantes Beispiel.

3. Calculus logicus

Aussagenlogik (z. B.: *Das Prädikat ist im Subjekt enthalten*)

Der logische Kalkül mit Transformationsregeln für ein Zeichensystem, basierend auf den 4 Aussageformen der Syllogistik nach Aristoteles, aber diese grundlegend erweiternd.

Erste umfangreiche Begründung einer Aussagenlogik und Mengenlehre mit 51 Theoremen, zu Lebzeiten unveröffentlicht.³

George Boole (1815-1864) kannte die Leibnizschen Arbeiten nicht und entwickelte die formale Logik und Algebra, worin sich viele Leibnizsche Theoreme wiederfinden, unabhängig.

6. Mathematik

In der *Mathematik* hat Leibniz im Jahre 1673 in Paris – etwa 3 ½ Jahre nach, aber unabhängig von Newton – die *Differential- und Integralrechnung* erfunden, zunächst in geometrischer Form in Verallgemeinerung des Steigungsdreiecks von Blaise Pascal für den Kreis auf beliebige Kurven, und dann analytisch mittels Grenzwerten von Polynomen wie bei Newton.

Die erste Veröffentlichung der Leibnizschen Infinitesimalrechnung erfolgte 1684 – vor Newton – in der bedeutenden Zeitschrift „Acta Eruditorum“, Leipzig, mit dem Titel „Nova methodus pro maximis et minimis“ und die erste Veröffentlichung der Newtonschen Fluxionsmethode 1687 in den „Principia“.

Die Leibnizsche Schreibweise für die Ableitung einer stetigen und differenzierbaren Funktion $y=f(x)$ als $dy=y'dx$ und die Umkehr hierzu für die Integration als $y=\int dx$ war genial und wird auch heute benutzt.

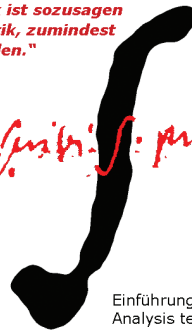
Von großer Bedeutung ist die sehr umfangreiche Schrift „Über die geometrische Quadratur des Kreises, der Ellipse und der Hyperbel. Ein Korollar ist eine Trigonometrie ohne Tabellen“ (deutsche Übersetzung), die Leibniz 1675 in Paris der Academie des Sciences vorlegte, um dort Mitglied zu werden. Diese Arbeit blieb unveröffentlicht und unentdeckt bis etwa 1990, als sie in Paris wieder auftauchte und von Eberhard Knobloch, Berlin, überarbeitet und mit Kommentaren 1994 veröffentlicht wurde. Die Arithmetik des Infiniten wird mit unendlichen Reihen – auch für trigonometrische Funktionen – und unter Vorwegnahme der „Riemannschen Summen“ (aus dem 19. Jahrhundert) dargestellt. Das Integralzeichen führte Leibniz in der Arbeit „Analysis tetragonistica“ 1675 ein, Bild 4.

³ G.W. Leibniz: Die Grundlage des logischen Kalküls, herausgegeben in Latein und Deutsch von Franz Schupp, Felix Meiner Verlag 2000.

Aus einem Brief an den
Marquis de L'Hôpital:

*„Meine Metaphysik ist sozusagen
gänzlich Mathematik, zumindest
könnte sie es werden.“*

Lehre auf Leibniz'schem Grund.



Einführung des Integralzeichens in
Analysis tetragonistica, 1675

Bild 4: Integralzeichen

In den folgenden Jahrzehnten setzte sich der Leibnizsche Kalkül und seine Bezeichnungsweise in Europa immer mehr durch, und Leibniz wurde berühmt. Außerdem war sein Kalkül tiefgehender und weiterführender als der Newtonsche, insbesondere was die Produkt- und Kettenregel der Differentiation, höhere Ableitungen, partielle Ableitungen von Funktionen mehrerer Veränderlicher und andere Weiterentwicklungen wie die Differentialgeometrie, das inverse Tangentenproblem, die Lösung von Differentialgleichungen und insbesondere die Variationsrechnung betrifft.

Es ist aus heutiger Sicht sehr bedauerlich, dass der Prioritätenstreit über die Erfindung der Infinitesimalrechnung seit 1699 und sich verschärfend ab 1708 viele unnötige Gräben – mit Auswirkungen auf die wissenschaftlich-kulturellen Beziehungen zwischen England und Deutschland – aufwarf, mit Eifer vor allem von englischen Mathematikern im Umfeld der Royal Society – wie John Wallis, der Schweizer Nicolas Fatio de Duillier und D. Gregory (der unbedeutende Neffe des großen James Gregory) – immer mehr vorangetrieben. Leibniz war in diesem Streit von 1705 an in der anonymen Rezension von zwei Newtonschen Arbeiten zur Fluxionsrechnung für die Acta Eruditorum auch sehr ungeschickt und etwas anmaßend (indem der Rezensent sich selbst als Erfinder bezeichnete) und erregte hierdurch den Ärger von Newton. Im Jahre 1711 wird eine Kommission der Royal Society unter Newtons Vorsitz mit der erkennbaren Absicht der Verurteilung von Leibniz wegen Plagiats, also der Übernahme der Infinitesimalrechnung von Newton, eingesetzt. Sogar (der 1714 aus Hannover gekommene) König Georg I. wurde in den Streit hineinzogen. Leibniz litt unter diesen massiven Anschuldigungen sehr bis zu seinem Tode. Erst im 19. Jahrhundert wurde auch von englischen Mathematikern eingeräumt, dass Leibniz seinen Kalkül unabhängig von Newton entwickelt hatte. Heute lässt sich sagen, dass dieser sich durchsetzte, für die wei-

tere Entwicklung geeigneter war und Leibniz hierfür zwar viel von Pascal und Huygens lernte, aber kaum etwas von Newton.

Eine weitere hervorragende mathematische Leistung ist Leibniz' *Erfindung der Determinantentheorie* unter Verwendung der *Kombinatorik* seit 1678, mit der ersten Veröffentlichung 1684 und weiteren Fortschritten 1700 und 1710. Hiermit sind systematische Polynomauswertungen und Lösungen linear algebraischer Gleichungssysteme möglich, insbesondere unter Verwendung von Doppelindizes. Die Lösung von n Gleichungen mit n Unbekannten wird formal auf die Lösung einer Gleichung mit einer Unbekannten, also $ax = b \rightarrow x = b/a$ für $a \neq 0$, zurückgeführt. Im Zähler und Nenner der k -ten Unbekannten x_k stehen bei n Gleichungen, $n > 1$, die Zähler- und Nennerdeterminanten $d(\mathbf{A}_k)$ und $d(\mathbf{A}) \in \mathbb{R}$, also $x_k = d(\mathbf{A}_k)/d(\mathbf{A})$ für $d(\mathbf{A}) \neq 0$, worin $\mathbf{A} = [a_{ij}]$ und $\mathbf{A}_k = [a_{i1} \dots \overset{k}{b}_i \dots a_{in}]$, $a_{ij}, b_i \in \mathbb{R}$, die Zahlenschemata des Gleichungssystems sind, die ab dem 19. Jahrhundert von Sylvester „Matrizen“ genannt wurden. Leibniz nahm die Cramerschen Regeln zur systematischen Gleichungslösung aus dem 18. Jahrhundert bereits vorweg. So ist die Nenner-Determinante eines linearen algebraischen Gleichungssystems mit z.B. 4 Unbekannten mit der Permutationsregel definiert als

$d(\mathbf{A}) := 0.1.2.3$ aequ n , mit $n! = 4! = 24$ Summanden als Produktterme aus jeweils 4 Faktoren a_{ij} mit Vorzeichenpermutation

und in moderner Darstellung

$$d(\mathbf{A}) \equiv \det(\mathbf{A}) = \sum_{P(1,2,\dots,n)} \operatorname{sgn}(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) a_{1\alpha_1} a_{2\alpha_2} \dots a_{n\alpha_n}, \quad n > 1.$$

Determinanten spielen in der heutigen Mathematik, Physik und Technik sowohl in der Algebra als auch in der Analysis eine große Rolle.

7. Physik

Leibniz' bedeutendster Beitrag zur *Physik* ist die erstmalige Formulierung der kinetischen Energie eines mit der Geschwindigkeit v bewegten festen Körpers mit der Masse m , damals bezeichnet als „das wahre Maß der lebendigen Kraft“. Die Zusammenhänge sind in Bild 5 dargestellt.

Seine neue Erkenntnis gewann Leibniz aus der kritischen Überprüfung des von René Descartes postulierten Maßes $m \cdot v$ (Masse \times Geschwindigkeit) als sogenannte „lebendige Kraft“, vor allem in Verbindung mit den ebenfalls von Descartes angegebenen Stoßgesetzen für feste Körper, die sich aber alle als falsch erwiesen. Den Zugang zum Irrtum Descartes' gewann Leibniz vor allem durch sein „Kontinuitätsprinzip“ während der kurzen Zeit des Stoßes.

Darüber hinaus formulierte Leibniz als erster ein *Extremalprinzip der Festkörpermechanik*, wie es in Bild 5 in zwei Fassungen wiedergegeben ist. Bemerkenswert ist, dass Immanuel Kant sich in seinem Erstlingswerk 1746 auf 187 Seiten mit diesem Streit der Cartesianer und Leibnizianer auseinandersetzt und – mit langatmigen Erklärungen und Schlussfolgerungen – den Cartesianern fälschlicherweise recht gibt. Dies ist wohl einer der letzten eklatanten Fälle, dass ein bedeutender – wenn auch mit 23 Jahren noch junger – Philosoph nach dem Vorbild von Aristoteles zwar mit seiner Ratio ‚scientia naturalis‘ betreibt, jedoch noch nicht im Sinne der neuen ‚mechanica rationalis‘ von Galilei und Newton auf der Grundlage theoriegeleiteter systematischer Experimente. Kant tat sich im übrigen – wie viele seiner Zeitgenossen – sehr schwer mit dem Verstehen von Newtons „Principia“.

Leibniz hat viele weitere physikalisch-technische Probleme, zumindest ansatzweise, erfolgreich gelöst, insbesondere das Schwingungsverhalten des sogenannten *Mariotte-Leibnizschen Doppelpendels* (ein Waagebalken mit einem Gewicht an einem Ende und einem querschwingenden Pendel mit Endmasse am anderen Ende). Bei geometrisch nichtlinearer Betrachtung zeigt dessen Schwingung chaotisches Verhalten, d. h. der Waagebalken wandert aperiodisch aus. Darüber hinaus hat sich Leibniz mit Festigkeitsproblemen von Zugstäben, Seilen und Biegebalken befasst.

Ein besonders spektakuläres pionierartiges Problem des 17. Jahrhunderts ist das bereits 1638 von Galilei in seinen „Discorsi“ beschriebene und 1696 von Johann Bernoulli als *Brachistochronen-Problem* in den Acta Eruditorum gestellte mechanische Problem der Bestimmung der ebenen Kurve, auf der sich eine Masse reibungsfrei gleitend von einem Punkt A bis zu einem niedriger und seitlich

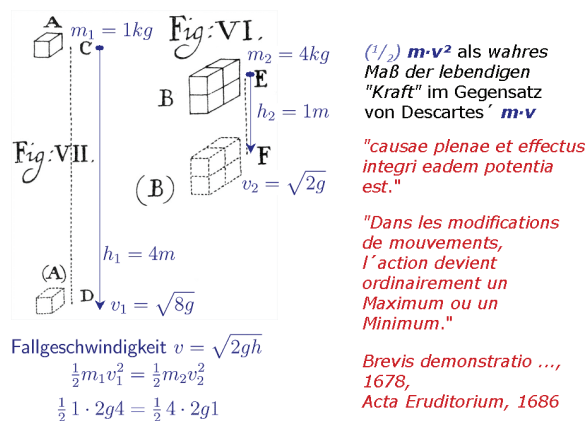
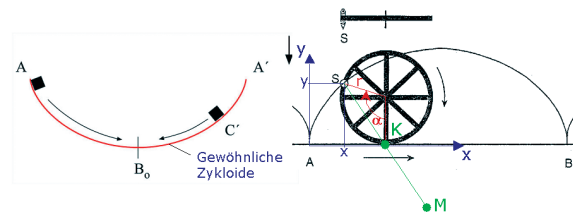


Bild 5: Kinetische Energie als wahres Maß der lebendigen Kraft

Die Brachistochrone* als mechanisches Optimierungs- und mathematisches Variationsproblem

*Bezeichnung durch Johann Bernoulli in Acta Eruditorum 1696

Lösungen in Acta Erudit. (1697) von: Johann Bernoulli, Jakob Bernoulli, G. W. Leibniz, I. Newton, E. W. von Tschirnhaus und G. F. A. Marquis de L' Hôpital



Die Welt -auch die physikalische- als die beste aller denkbar möglichen mit Extremalprinzipien in den Naturgesetzen

Bild 6: Brachistochronen-Problem

entfernten gelegenen Punkt B in kürzester Zeit bewegt. Die Lösung ist die gewöhnliche Zyklode. In Bild 6 ist das Brachistochronen-Problem dargestellt.

Die bis 1697 vorgelegten und im November 1697 in den Acta Eruditorum veröffentlichten sechs Lösungen, insbesondere Jakob Bernoullis neuartige analytische Lösung, stellen den Beginn der Variationsrechnung dar; Jakob Bernoulli nimmt die Vorgehensweise von Leonhard Euler, veröffentlicht 1743 mit dem Ergebnis der Eulerschen Differentialgleichung der Extremale, mit der Herleitung der Brachistochrone vorweg, indem das kontinuierliche Problem zunächst gedanklich finit approximiert wird, und zwar durch Einführung äquidistanter Stützstellen mit dreieckförmigen Testfunktionen zwischen drei Stützstellen und nachfolgendem Grenzübergang der Stützstellenabstände gegen Null. Bemerkenswert ist auch Leibniz' – schrittweise – geometrische Lösung des Problems, die – wie auch eine der beiden sehr pfiffigen geometrisch-analytischen Lösungen von Johann Bernoulli – die Äquivalenz des vorliegenden Problems mit dem Fermatschen Problem der kürzesten Zeit des Weges eines Lichtstrahls durch ein Medium mit linear veränderlicher Dichte verwendet. Eine eingehende Darstellung hierzu findet sich in [6] und [5]. Auch Newton hatte anonym eine Lösung ohne Beweis eingereicht, wurde aber an der Art seiner Darstellung von Johann Bernoulli erkannt, und auch L'Hôpital und Tschirnhaus lieferten einen Beitrag, der allerdings nicht ganz schlüssig war.

Erwähnenswert sind weitere Beiträge von Leibniz zum Versagen von Zugstäben und Biegebalken und zu einigen Problemen der geometrischen Optik, wie z. B. die Arbeit „Unicum Opticae, Catoptricae et Dioptricae Principium“, Acta Eruditorum 1682.

Seine Denkansätze in der Physik – damals der Mechanik und Optik – zielten auf philosophisch motivierte grundlegende Fragen der Naturgesetze, ohne dass er selbst experimentiert hätte. Bemerkenswert sind – hauptsächlich in der Auseinandersetzung mit Newtons „Principia“ – Leibniz’ Postulat eines homogenen Raum-Zeit Kontinuums im Gegensatz zu Newtons absolutem Raum und absoluter Zeit, weiterhin Symmetrie-Argumente für Bewegungsprozesse „vor“ und „nach“ einer Bewegungsänderung, z. B. durch Stoß, sowie – wie bereits dargelegt – teleologische Eigenschaften der Naturgesetze aufgrund der philosophisch-theologischen These von unserer Welt als der von Gott geschaffenen „besten aller denkbar möglichen Welten“.

8. Erfindung und Bau von Rechenmaschinen

Auf mathematisch-technischem Gebiet ist Leibniz wohl neben der Infinitesimalrechnung durch die *Erfindung und den Bau neuartiger mechanischer Rechenmaschinen* berühmt geworden.

Seine fast programmatische Aussage

„Indignum est excellentium virorum horas servili calculandi labore perire quia Machina adhibita velissimo cuique secure transcribi possit,“

es ist unwürdig, die Zeit von hervorragenden Leuten mit knechtlichen Rechenarbeiten zu verschwenden, weil bei Einsatz einer Maschine auch der Einfältigste die Ergebnisse sicher hinschreiben kann,

gilt auch heute noch, trägt jedoch zur Erheiterung bei, denn rechnen kann zwar einfach sein, aber richtig rechnen ist eine Kunst!

Die erste 4/3/7-stellige *Vier-Spezies Rechenmaschine* – die erste dieser Art überhaupt – konstruierte Leibniz 1673 in Paris unter Verwendung sogenannter Sprossenräder für die Addition oder Subtraktion der einstellbaren Zahlen 1 bis 9 in jeder Dezimalstelle, eine sehr komplizierte Konstruktion unter Verwendung von Zahnsegmenten, auf dem Umfang eines Kreises, die mit Einstellhebeln radial nach außen geschoben werden und somit in Eingriff mit dem Aufnahmezahnrad geraten. Im Detail konstruiert und gebaut wurde diese Maschine von Pariser Uhrmachern, eine enorm komplizierte Aufgabe mit den damals verfügbaren Zykloid-Verzahnungen. Leider rechnete diese erste Maschine bei der Vorführung in der London Royal Society nicht richtig – trotzdem wurde er in diese sehr angesehene wissenschaftliche Gesellschaft aufgenommen. Die Maschine ging später verloren.

Ab 1693 erfand und konstruierte Leibniz zwei neue große Vier-Spezies Rechenmaschinen mit 8/16/8 Stellen unter Verwendung der genialen neuen Staffelwalzen anstelle von Sprossenrädern.



Bild 7: Vier-Spezies-Rechenmaschine mit Staffelwalzen, ab 1693 mit zwei Hauptfunktionsgruppen und sechs Bauteilgruppen

Konstruktion ab 1693

Mit dem **Stellgriff** wird die Eingabezahl durch Drehung auf eine **Zahnstange** übertragen, die die **Staffelwalze** axial mit der gleichen Zahl von Zähnen unter das **Aufnahmezahnrad** schiebt. Mit der **Antriebskurbel** erfolgt die Addition oder Subtraktion.

Zeichnung F.-O. Kopp

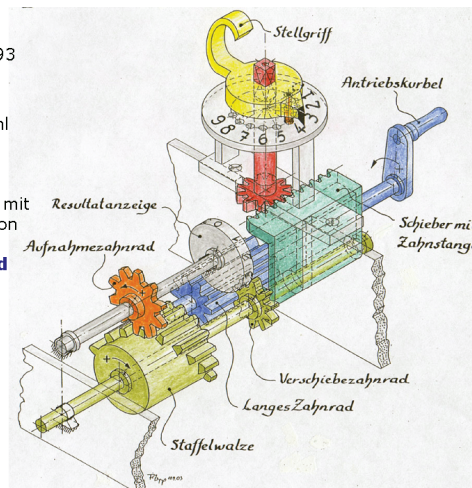


Bild 8: Einstellwerk einer Staffelwalze

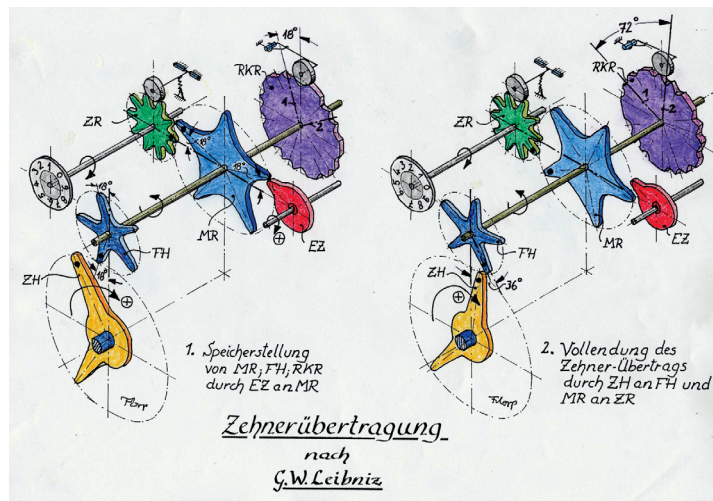


Bild 9: Zehnerübertragung

Die Staffelwalze hat axial unterschiedlich lange Zähne und wird mittels einer Zahnstange axial verschoben (also nicht radial wie beim Sprossenrad), sodass die gewünschte Zahl von Zähnen in Eingriff mit dem unverschieblichen Aufnahmezahnrad kommt. Eine Zugspindel dient zur Verschiebung des Schlittens mittels einer Kurbel.

Hiervon ist die jüngere Maschine erhalten geblieben und stellt heute den wertvollsten Besitz des Leibnizschen Nachlasses der Niedersächsischen Landesbibliothek dar, Bild 7.

Es ist nicht möglich, im Rahmen dieses Aufsatzes im Einzelnen auf die komplizierten konstruktiven Details und deren Zusammenwirken einzugehen. Perspektivische Zeichnungen von F.-O. Kopp zur Staffelwalze finden sich in Bild 8 und zur Zehnerübertragung in Bild 9; sie sollen die Einstellung und Addition einer Zahl sowie die verwickelten Vorgänge bei der Zehnerübertragung veranschaulichen.

Über unsere Forschungsergebnisse und neuen Nachbauten zu den Leibnizschen Rechenmaschinen ist ein Heft aus der Reihe der „Studia Leibnitiana“ der Leibniz-Gesellschaft, Hannover, in Vorbereitung [7].

Übergeordnet ist zu bemerken, dass nach dem Bau der ersten mechanischen Rechenmaschinen von John Napier (Rechenstäbchen für Addition und Multiplikation mit Multiplikationstabellen, 1617), weiterhin von Wilhelm Schickard

(Rechenstäbchen kombiniert mit Zahnrädern, 1623) und Blaise Pascal (die 8-stellige „Pascaline“ mit Zahnrädern für Addition und Subtraktion, 1644) – von denen Leibniz nur die Napierschen Rechenstäbe kannte – die Leibnizsche Vier-Spezies-Maschine einen grundlegenden und sprunghaften Fortschritt markiert. Das Besondere dieser Maschine ist das aus systematisch-abstraktem Denken entstandene neue Konzept eines axial verschieblichen Schlittens mit dem Einstellwerk (mit 8 Staffelwalzen und den Zweihörnern auf Zwischenwellen) und dem feststehenden Rechenwerk mit der Zehnerübertragung und allen erforderlichen Zwischenoperationen. Diese große Komplexität hätte ein vorwiegend praktisch denkender Mensch wahrscheinlich nicht zustande gebracht; sie ist eine Kopfgeburt. Die Erfindung der Vier-Spezies Rechenmaschine ist daher – neben der Infinitesimalrechnung – ein Paradebeispiel für den frappierenden Erfolg systematisch angewandter Logik in Verbindung mit der „ars inveniendi“, der Kunst des Erfindens.

Ein so großer Entwicklungsschritt konnte nicht ohne Unzulänglichkeiten bleiben.

Wie aus dem folgenden Bild 10 ersichtlich, hat Nikolaus J. Lehmann, Dresden, in seinen authentischen Nachbauten in den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts (jedoch mit Evolventen – statt Zykloiden Verzahnungen) eine notwendige Verbesserung dadurch eingeführt, dass die Winkel der Zweihörner auf den Zwischenwellen von rechts nach links bei jeder Stelle um etwa $2 \cdot 17,5^\circ = 35^\circ$ abnehmen müssen, um die Zehnerübertragungen im Getriebe mit einem Freiheitsgrad feh-

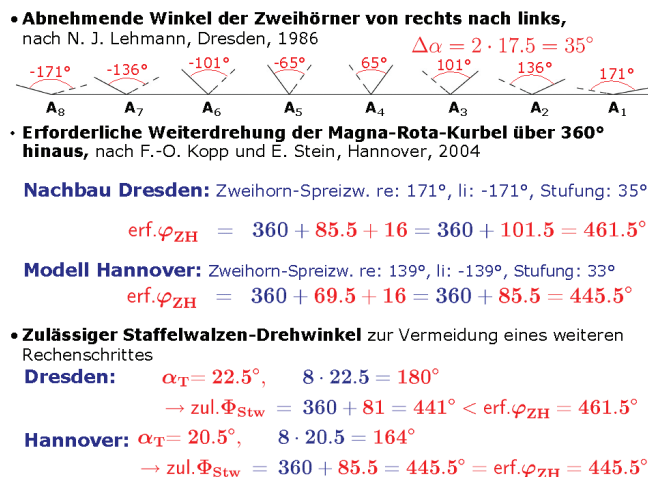


Bild 10: Notwendige Verbesserungen der Vier-Spezies-Rechenmaschine

lerfrei durchführen zu können.⁴ In der Leibnizschen Maschine sind alle diese Winkel etwa gleich, und zwar $90^\circ \pm 4^\circ$. Bei Linksdrehung der Magna Rota Kurbel für die Addition ist der rechte Zahn des Zueihorns für die Addition, der linke für die Subtraktion zuständig.

Mit unserer Forschungsarbeit [7] in Verbindung mit der Konstruktion und dem Neubau einer für unsere Leibniz-Ausstellung – mit dem Anspruch „Leibniz zum Anfassen und Verstehen“ – geeigneten, robusten Vier-Spezies-Maschine im Maßstab 2:1 haben wir im Rahmen eines von Karl Popp und dem Verfasser durchgeführten DFG-Projekts 2003/2004 herausgefunden, dass es zur korrekten Realisierung der Zehnerübertragung über mehr als 4 Stellen hinweg – insbesondere für die 8 Stellen der Leibniz-Maschine – nicht ausreicht, die Magna-Rota-Kurbel für Addition oder Subtraktion nur um 360° zu drehen, sondern um einen beachtlich größeren Winkel. Diese Untersuchungen wurden hauptsächlich vom Konstrukteur unserer neuen Maschine, Dr.-Ing. Franz-Otto Kopp durchgeführt, der zusammen mit dem Mechaniker-Meister Jürgen Anton auch die Maschine von 2004 bis Februar 2005 zusammenbaute – und zusätzlich zwei Modelle im Maßstab 8:1 für die Staffelwalze und die Zehnerübertragung. In Bild 10 sind die erforderlichen und zulässigen Winkeldrehungen (mit nachfolgendem Zurückdrehen) für die Nachbauten in Dresden und Hannover zu sehen.

Danach können auch die Lehmannschen Nachbauten mit 8 Stellen im Einstellwerk bei massiven Zehnerübertragungen in den weiter links liegenden Stellen nicht richtig rechnen, weil der erforderliche Weiterdrehwinkel mit $101,5^\circ$ wesentlich größer als der zulässige Winkel von 81° ist, der eine neue Addition oder Subtraktion mit der noch eingestellten Zahl vermeidet.

In unserem Neubau ist der erforderliche und zulässige Weiterdrehwinkel 87° , wodurch alle Zehnerübertragungen richtig durchgeführt werden. Eigene Rechnungen mit einem Lehmann-Nachbau zeigten, dass z. B. die Aufgabe $12.345.679 \times n \times 9 = n \times 111.111.111$ nur in den 4 rechtesten Stellen richtige Ergebnisse liefert. Hierbei ist jedoch mildernd festzustellen, dass infolge des erheblichen Spiels in der Leibniz-Maschine (und in geringerem Umfang auch in der Lehmann-Maschine) Freiläufe der Zahnräder möglich sind, welche ggfs. weitere richtige Stellen hervorbringen können, was aber stets ungewiss ist. Außerdem werden die Rollen über Flankendrucke in die Rasten der Rastkerbenräder gedrückt, und zwar um 12° - 14° von 36° pro Dezimalstelle.

Nach unseren jetzigen Erkenntnissen kann die Leibniz-Maschine mit den teilweise beschriebenen und durchgeführten konstruktiven Korrekturen, Ergänzun-

⁴ Lehmann, N.J.: Leibniz als Erfinder und Konstrukteur von Rechenmaschinen, in: Wissenschaft und Weltgestaltung, Abh. Internat. Symp. der Sächs. Akademie der Wissenschaften 1996, Hrg. Nowak, K. und H. Poser. Georg Olms Verlag Hildesheim 1999

gen und Detailoptimierungen aufgrund umfangreicher Berechnungen in der vorhandenen Bauart mit 8 Eingabestellen – aber auch nicht mehr – zuverlässig gebaut werden. Hierzu sind jedoch noch weitere Untersuchungen geplant, [7].

Eine weitere Erfindung Leibniz' mit großer Tragweite betrifft die Rechenregeln für *binäre Zahlen* und die Beschreibung der Konstruktion einer hierauf beruhenden binären Rechenmaschine, der *Machina Arithmeticae Dyadicae*, für die Addition und Multiplikation mehrstelliger Dezimalzahlen im binären Zahlensystem.

In einem Neujahrsbrief an Herzog Anton Ulrich von Braunschweig-Wolfenbüttel vom Januar 1697 teilt Leibniz ihm die Rechenregeln für die vier Grundrechnungsarten binärer Zahlen mit und zugleich die philosophisch und in der mathematischen Logik besondere Bedeutung der Zahl „1“ in seinem berühmten Satz: *Omnibus ex nihilo ducendis sufficit unum* – Um Alles aus dem Nichts zu machen, genügt Eins.

In seiner unveröffentlichten Arbeit „De progressionem dyadicae“ von 1679 beschreibt Leibniz eine binäre Rechenmaschine, in der ein Schlitten auf der doppelt schiefen Ebene der Abdeckung des Rechenwerks abwärts nach vorne und seitlich (nach links) verschoben wird. Jede Zahl „1“ wird durch eine kleine Kugel repräsentiert. Die Kugeln können infolge der Schwerkraft nach vorne und seitlich abrollen. Entscheidend ist die Konstruktion des Zweierübertrags bei der binären Addition von $01 + 01 = 10$, also dezimal $1 + 1 = 2$. In Leibniz' nicht detaillierter Beschreibung erfolgt das Freisetzen der 1. Kugel in der Buchse einer Dualstelle durch das Abrollen der 2. Kugel über eine darüberliegende federgestützte Zunge als Auslösemechanismus. Diese 2. Kugel muss allerdings dann beim Weiterrollen nach links unten in die Buchse der nächsten (linken) Dualstelle geleitet werden, was einer – nicht erwähnten – Führung bedarf. Physikalisch kann der Zweierübertrag durch ein „entweder-oder“ oder „magnetisiert- nicht magnetisiert“ simuliert werden, letzteres die Grundlage elektronischer Rechenautomaten. Leibniz hatte für den Auslösemechanismus ein kippbares Plättchen im Sinn, das durch eine Feder gehalten wird. Liegt eine Kugel auf dem Plättchen, kippt es noch nicht, bei der zweiten Kugel kippt es jedoch und gibt die erste Kugel nach vorne (unten) frei; die zweite Kugel läuft nach links seitlich ab und muss in die nächste Stelle dirigiert werden.

In seiner wertvollen Dr.-Ing.-Dissertation an der Technischen Universität München hat Ludolf von Mackensen 1969 eine Konstruktion hierzu vorgelegt, die im Jahre 1971 vom Deutschen Museum München gebaut wurde und eine Kopie hiervon 1985 im Hessischen Landesmuseum Kassel, Bild 11. Leider rollen die Kugeln im Rechenwerk dieser Maschine bei Zweierüberträgen wegen des Fehlens von geometrischen Zwangsführungen nicht korrekt in die jeweils links benachbarten Buchsen der Dualstellen ab und es kommt zusätzlich zu Staus mit nachrollenden Kugeln, was von der Geschwindigkeit des herabgeführten Schlittens



Bild 11: Mechanische binäre Rechenmaschine nach Leibniz
 Bau einer 7/12/6-stelligen Modells nach dem Entwurf von Ludolf von Mackensen,
 Deutsches Museum München 1971, Hessisches Landesmuseum Kassel 1985

(mit dem Einstellwerk) abhängt. Außerdem gewährt die Holzverkleidung keine Einsicht in die Rechenvorgänge, sodass diese Maschinen als nicht zuverlässig funktionsfähig zu bezeichnen sind.

Im Jahr 2004 wurde nach vorherigen Studien eine neue binäre Rechenmaschine von Gerhard Weber und dem Verfasser entworfen, konstruiert und von Gerhard Weber gebaut, Bild 12.

Wichtige Änderungen gegenüber der von Mackensenschen Konstruktion sind für jede Stelle des Rechenwerks:

- (1) Rechtwinkliger Fanghaken mit Drehfederrückstellung für die Zwangsführung einer Kugel nach vorne in der Buchse einer Dualstelle
- (2) Neue Auslöseklinke unter einer nachfolgenden, nach links abgewiesenen Kugel zur Freigabe der 1. Kugel aus der Buchse; hierdurch zugleich Rückstellung des Fangarms mittels vorgespannter Drehfeder
- (3) Alle feinmechanischen Elemente des Zweierübertrags sind auf einer vertikalen Welle für Fanghaken, Anschlagscheibe und Drehfeder angeordnet.

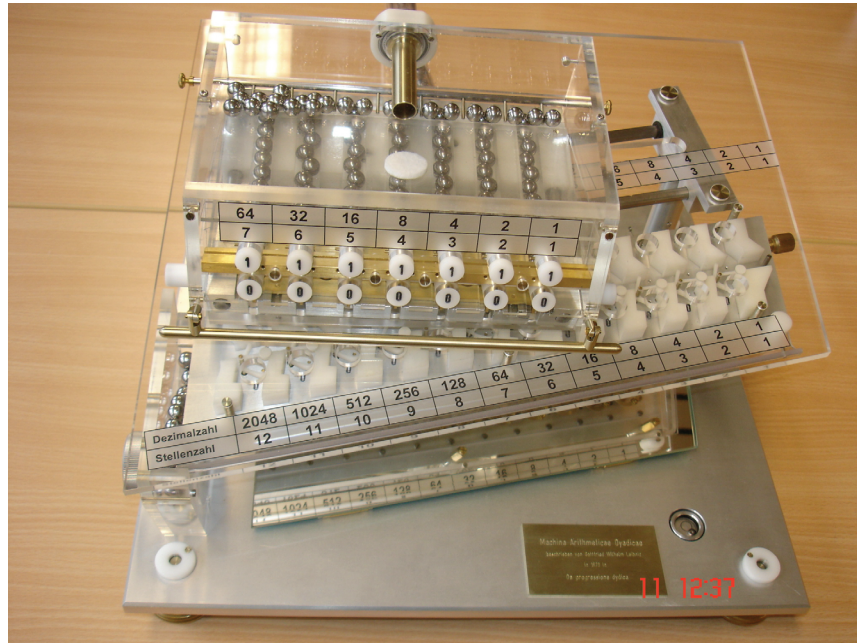


Bild 12: - Machina Arithmeticae Dyadicae, Entwurf: E. Stein, G. Weber, 2003-2004
Bau: G. Weber, 2004

Hinzu kommt die völlige Einsicht gewährende Bauweise in Acryl und ein geschlossenes Rückführ- und Verteilersystem der Stahlkugeln. Von großer Bedeutung sind auch neue optimierte Neigungswinkel (nach vorne und links unten) des Schlittens mit dem darunter liegenden Rechenwerk sowie das gestufte (digitale) Abwärtsgleiten des Schlittens beim Addieren, damit Konflikte (Staus) der Kugeln bei mehreren Zweierüberträgen in Verbindung mit von oben nachrollenden Kugeln aus der jeweiligen Rechenaufgabe vermieden werden.

Anhand von Beispielen wird die dyadische Addition und Multiplikation nachfolgend veranschaulicht.

Dezimale und binäre Addition

Beispiel: 1+1

Dezimal: 1 ($=2^0$)
 + 1 ($=2^0$)
 = 2 ($=2^1$)

Binär:

0	0	1
+ 0	0	1
= 0	1	0

Beispiel: $127 + 1$

Dezimal: $127 (=64+32+16+8+4+2+1)$
 $=2^6+2^5+2^4+2^3+2^2+2^1+2^0)$

$$\begin{array}{r} + \quad 1 (=2^0) \\ \hline = 128 (=2^7) \end{array}$$

Binär:

Stellen	8	7	6	5	4	3	2	1
2er-Potenzen	2^7 =128	2^6 =64	2^5 =32	2^4 =16	2^3 =8	2^2 =4	2^1 =2	2^0 =1
Binäre Eingaben	0	1	1	1	1	1	1	1
	+ 0	0	0	0	0	0	0	1
Ergebnis	= 1	← 0	← 0	← 0	← 0	← 0	← 0	← 0

Dezimale und binäre Multiplikation

Beispiel: 13×5

Dezimal: $13 (=8+4+0+1 = 2^3 + 2^2 + 2^0)$
 $\times 5 (= 4+0+1 = 2^2 + 2^0)$
 $= 65 (=64+1 = 2^5 + 2^0)$

Binär:

Stellen		7	6	5	4	3	2	1
2er-Potenzen		2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
Binäre Eingaben		0	0	0	1	1	0	1
	+	0	1	1	0	1	0	0
Ergebnis	=	1	← 0	← 0	← 0	0	0	1

Leibniz hat auch einen *Dezimal-Dualzahlenwandler* mittels eines Getriebes beschrieben, der von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig für uns auf Grund des Entwurfs von R. Paland und Vorarbeiten von L. von Mackensen nachgebaut wurde. Mit diesem Prinzip könnte auch eine binäre Rechenmaschine für alle vier Grundrechenarten gebaut werden.

Im Übrigen ist es nach unseren Untersuchungen auch möglich, eine binäre Rechenmaschine nach dem Prinzip der Vier-Spezies-Dezimalmaschine zu bauen, in der die Staffelwalzen nur noch je einen Zahn haben. Auch die Umkonstruktion vom Zehner- in den Zweierübertrag liegt bereits funktionsfähig bei uns vor.

Hieran erkennt man die Verallgemeinerungsfähigkeit des Grundkonzepts der Leibnizschen Vier-Spezies-Maschine. Diese wurde seit Mitte des 19. Jahrhunderts in vielen Varianten industriell gefertigt und verbessert, später mit Elektroantrieb, und blieb bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts weltweit das maßgebliche Rechenggerät.

9. Technische Verbesserungen im Oberharzer Erzbergbau

Im Jahre 1678 erhielt Leibniz durch Herzog Johann Friedrich in Hannover den Auftrag, die Erzförderung im Oberharzer Bergbau durch technische Neuerungen und Verbesserungen auch in Zeiten von lange anhaltender Trockenheit – und damit akutem Wassermangel – zu ermöglichen. Der erste Zeitraum seiner intensiven Befassung damit, verbunden mit häufigen Reisen von Hannover nach Clausthal-Zellerfeld, dauerte bis 1686, als Herzog Ernst August weitere Versuche untersagte, weil sie nicht die erhofften Verbesserungen erbrachten.

Das Problem bestand darin, dass die – meist überschlägig beaufschlagten – Wasserräder in trockenen Sommern die Pumpen für die Förderung aus den Grubensümpfen nicht mehr antreiben konnten, sodass die Gruben aufgrund der vielen ergiebigen unterirdischen Wasseradern häufig absoffen. Bereits lange vor dem 17. Jahrhundert war im Oberharz ein ausgeklügeltes System von Teichen – als Rückhaltebecken verbunden durch natürliche Wasserläufe, Wassergräben und ‚Gefluder‘ (rechteckige, meist hölzerne Gerinne) – angelegt worden, um die Wasserräder für die Förderpumpen möglichst unabhängig von den Jahreszeiten antreiben und darüber hinaus andere wasserwirtschaftliche Bedürfnisse erfüllen zu können. Es sei erwähnt, dass die Bergämter und die Bergleute Neuerungen gegenüber – zumal wenn sie „von oben“ verordnet waren – nicht aufgeschlossen waren und sie sogar zu verhindern suchten, teils durch mitverursachte Schäden. Leibniz hatte daher stets einen schweren Stand beim Bau und Probetrieb neuer Konstruktionen, so dass letztlich keine seiner Verbesserungen zu seinen Lebzeiten – auch nach seiner zweiten Tätigkeit im Harz in den Jahren 1693/94 – praktische Verwendung fanden. Dies lag auch daran, dass ge-

eignete Werkstoffe und hieraus gefertigte Verbindungsmittel noch nicht verfügbar waren. Im Wesentlichen musste Leibniz mit Hölzern, einfachen Gussteilen und wenigen geschmiedeten Eisenteilen als Maschinenelemente auskommen. Es ging ihm auch nicht vorrangig um funktionelle sowie handwerkliche Perfektion und Zuverlässigkeit, sondern – wie bei vielen anderen Projekten – um das Erfinden und die prinzipielle Verwirklichung neuer Methoden und Produkte durch systematisches theoriegeleitetes und strategisches Denken und Handeln auch in Entwicklungsbereichen von Handwerk und Gewerbe mit Nutzung aller natürlichen Ressourcen, also die Anwendung der „ars inveniendi“ zum Wohle der Gemeinschaft – „commune bonum“. Im Oberharzer Bergbau bestehen diese Leitgedanken in der energie- und kräftesparenden Wasserförderung aus den Grubenschächten und der Erzförderung möglichst unabhängig von den Jahreszeiten, sowie in einem weitgehend mechanisierten Betrieb, der möglichst unabhängig von menschlicher Zuverlässigkeit sein sollte. Dies war z. B. Motivation für die geniale Konstruktion einer automatischen drehzahlgeregelten Bremsvorrichtung für Windkünste, damit diese bei Stürmen nicht zu Bruch gingen, [1, 2].

In Bild 13 sind einige seiner Erfindungen für den Bergbau als Fotos aus unserer Ausstellung zusammengestellt, siehe den Beitrag von J. Gottschalk in [1] und [2]. Oben links ist die konische Seiltrommel (als Alternative zum Seil ohne Ende für vollen Gewichtsausgleich, d. h. mit Unterseil) als Zeichnung aus Leibniz' Hand und oben rechts das Funktionsmodell aus der Leibniz-Ausstellung zu sehen. Weil der mit Erz gefüllte Förderkorb mit der Kraft $G+F$ am kleinen variablen Hebelarm r wirkt (oberes Seil), der leere Korb aber an der unteren ebenfalls kegelförmigen Seiltrommel bei richtiger gegenläufiger Seilwicklung mit dem Hebelarm $r+a$ im relativen Abstand h mit dem Kegelwinkel α gemäß $\tan\alpha = \frac{a}{h}$, wird das erforderliche Antriebsmoment M an der senkrechten Welle gleich Null unter der Bedingung $M = (G + F) \cdot r - G \cdot (r+a) = 0$, d. h. für $a = \frac{F}{G} \cdot r$, $F \geq G$, wobei G das Gewicht des Förderkorbs und F das Gewicht des Fördergutes ist. Der erforderliche Winkel α für den vollständigen Gewichtsausgleich ist damit durch $\tan\alpha = \frac{F}{G} \cdot \frac{r}{h}$ bestimmt. Die Mechanische Arbeit ist nur für das Heben des Förderguts zu verrichten.

Der im Prinzip gleiche Effekt lässt sich mit zwei zylindrischen Seiltrommeln mit gleichem Radius, aber unterschiedlicher Breite erzielen, der sogenannten Bobine, indem das Trageil des leeren Förderkorbs auf die Trommel mit der kleineren Breite aufläuft und damit ein relativ größeres Drehmoment erzeugt als das Seil des gefüllten Förderkorbs an der Trommel mit der größeren Breite. Auch diese Konstruktion hat Leibniz versuchsmäßig bauen lassen, und sie ist als Modell in der Ausstellung zu sehen.

Bild 13 oben Mitte links zeigt eine Vertikalwindkunst mit angeschlossenem Pumpengestänge für die Wasserförderung. Die Übertragung des Antriebsmoments

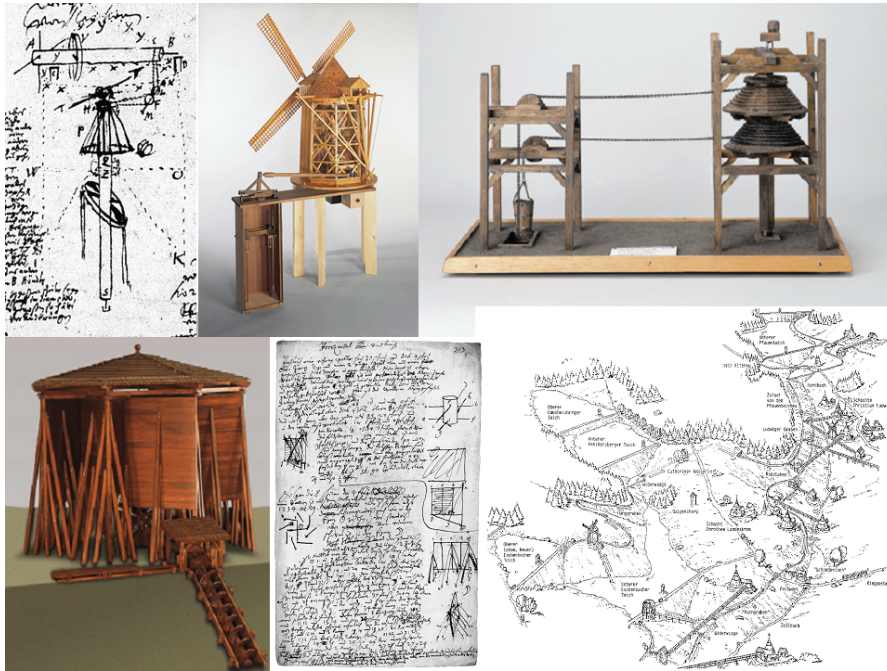


Bild 13: Zusammenfassung von technischen Verbesserungsvorschlägen
für den Oberharzer Bergbau

auf die beiden Pumpenkolben erfolgt von der horizontalen Flügelwelle aus durch ein Getriebe in der Windkunst mit unten radial herausragendem krummen (exzentrischen) Zapfen, horizontaler Pleuelstange und einem mittig gelagerten dreieckförmigen Waagebalken.

Bild 13 unten links zeigt eine von Leibniz vorgeschlagene Horizontal- oder Waagrechtwindkunst mit vertikaler Flügelwelle und angeschlossener Wasserförderschnecke. Der Vorteil des von der Windrichtung unabhängigen Antriebsmoments (bei gleicher Windgeschwindigkeit) gegenüber der Vertikalwindkunst mit erforderlicher Flügeldrehung in den Wind wird durch den großen Nachteil der jeweils relativ kleinen verwertbaren Windangriffsfläche einer Wand des inneren Drehkreuzes mit vertikaler Welle und zueinander rechtwinklig angeordneten senkrechten Wänden aufgehoben; der Wind strömt durch jeweils zwei tangential angeordnete senkrechte Leitwände auf das Flügelkreuz. Rechts neben dem Bild unseres Funktionsmodells sind Skizzen und Erläuterungen zu dieser Horizontalwindkunst aus Leibniz' Hand zu sehen.

Bemerkenswert und typisch für das umfassende Planen von Leibniz ist sein Wasserkreislauf-Projekt im Oberharz, Bild 13 unten rechts, mit dem die abfließenden Aufschlagwasser des Burgstätter Gangzuges in mehreren Schritten durch Windkraft gehoben und über das System des Eschenbacher Grabens, des Cathariner Wasserlaufs und des Ludwiger Grabens erneut auf die Wasserräder der Schächte geführt werden sollten. Die abgebildete Zeichnung wurde im Jahre 1988 von H.-J. Boyke, Clausthal, aus dem Leibnizschen Nachlass angefertigt. Man denkt hierbei an moderne Pumpspeicherwerke zur Speicherung nicht benötigter elektrischer Energie.

Eine weitere konstruktiv und funktionell anspruchsvolle, komplizierte Erfindung ist das Leibnizsche „Neue Treibwerck“ oder die „Neue Treibkunst“ aus seiner zweiten Tätigkeitsperiode im Harz von 1693 bis 1695. Hierzu wurde von Kurt Ludewig mit Beratung durch Jürgen Gottschalk im Jahre 2002 für unsere Ausstellung ein Funktionsmodell im Maßstab 1:25 gebaut. Diese Treibkunst wurde sowohl für die Erzförderung als auch zugleich zum Wasserpumpen konzipiert. Ausgehend von einem angetriebenen Wasserrad ist an dessen verlängerter Achse ein exzentrischer (krummer) Zapfen angeschlossen (parallel zur Achse), der ein sich hin und her bewegendes Feldgestänge mit einer oberen und einer unteren horizontalen Stange antreibt. Dieses Gestänge kann auch mit einem horizontalen Knick weitergeführt werden und zwei Pumpensätze antreiben. Zusätzlich wird die Hin- und Herbewegung des Feldgestänges mittels eines klugen Umschaltmechanismus in zwei gegenläufige Drehbewegungen von zwei koaxialen Seiltrommeln zum Heben und Senken der Förderkörbe umgewandelt. Eine weitere Umschaltvorrichtung erlaubt die Drehrichtungsumkehr der Seiltrommeln. Diese umfangreiche Konstruktion wurde zwischen 1693 und 1695 auf der Grube „Thurm Rosenhof“ erprobt. Dabei zeigte sich, dass der an den Umkehrpunkten der Hin- und Herbewegungen des Feldgestänges entstehende – häufige – Ruck in den Seiltrommeldrehungen und damit in den Auf- und Abwärtsbewegungen der Förderkörbe zu Brüchen der Förderseile führte. Aus diesem Grund, aber auch wegen der komplizierten Bauweise der gesamten Treibkunst, kam die Anlage nicht zum praktischen Einsatz für die vorgesehene wirtschaftlichere Erzförderung. Aus heutiger Sicht ist anzumerken, dass der häufige Ruck infolge der Richtungsumkehr in der vorliegenden Konstruktion nicht vermeidbar ist. Die gesamte technische Konzeption ist aber höchst beeindruckend und war ihrer Zeit weit voraus.

Schlussendlich sei noch Leibniz' Beschäftigung mit der Verbesserung der Wasserkünste und Fontänen in den Herrenhäuser Gärten zu Hannover erwähnt; sie begann im Jahre 1696. Seit der Anlage des quadratischen Parterres im Garten von 1674 bis 1678 durch den Hofgärtner Henri Perronet wurde die unzureichende Wasserzufuhr für die gewünschte Höhe der Fontänen und insbesondere die

geringe Dauer des Sprudeln beim Flanieren der Hofgesellschaft beklagt und als Problem für die weitere Nutzung und Gestaltung angesehen. Dies war auch ein großes Anliegen der kunstsinnigen Herzogin Sophie. Nach dem Scheitern einiger Pläne, insbesondere der französischen Garten- und Fontänengestalter Cadart und Denis, erstellte Leibniz 1696 auf Ersuchen von Kurfürst Ernst August ein Gutachten. Hierin schlug Leibniz folgende Lösungen vor:

1. Die Anlage eines südlich des Jägerhofs von der Leine abzweigenden, in gerader Linie zum Herrenhäuser Garten führenden und in der Nähe des Dorfes Limmer wieder in den Fluss einmündenden Kanals,
2. den Bau eines sogenannten Kunstgebäudes mit einer Wasserkunst (Pump- oder Schöpfwerk) am neuen Kanal in Höhe des Gartens, die durch das Gefälle des Flusses das Wasser teils in ein auf Böcke gestütztes Gerinne und von dort in die Hochbehälter hebt (etwa 12m), teils in den Turm des Kunstgebäudes hochpumpt (etwa 18m). Vom Wasserbecken im Turm sollte das Wasser unmittelbar zu einer neuen Zentralfontäne, von den Hochbehältern dagegen zu einigen kleineren Fontänen im Umkreis der großen Fontäne geführt werden.

Leibniz weist in seinem Gutachten darauf hin, dass durch die Anlage des Kanals auch Gondeln und Schiffe zum Gütertransport verkehren könnten, welche schöne Idee.

Ein zweiter Vorschlag sieht den Bau eines Schöpfrades an der Leine vor, womit sowohl der Betrieb der Fontänen im Herrenhäuser Garten als auch die Wasserversorgung der Neustadt (westlich der damaligen Stadt Hannover) ermöglicht werden sollte. Die mehrere Kilometer langen Wasserleitungen würden jedoch zu erheblichen Verlusten führen.

Leibniz plädierte für die erste – große – Lösung. Jedoch wurde damals lediglich ein Schöpfrad an der Leine gebaut, ihm kam aber große Bedeutung zu für die erst nach Leibniz' Tod im Jahre 1720 gebaute Wasserkunst und Fontänenanlage, worin wesentliche Elemente des Leibnizschen Plans, nämlich Stichkanal, Kunstgebäude und Wasserkunst verwirklicht wurden. Teile davon sind bis heute erhalten geblieben.

Zusammenfassend lässt sich zu Leibniz' Problemlösungen, Erfindungen und Konstruktionen auf technischem Gebiet sagen, dass er die zu seiner Zeit üblichen handwerklichen Geräte und Verfahren – verbunden mit großem menschlichen Arbeitsaufwand bei harter körperlicher Anstrengung – mit neuen theoretischen und versuchsgeleiteten Methoden strategisch und systematisch verbessern wollte, um die Lebensbedingungen der Menschen zu erleichtern, Energie durch Einsatz von „ingenium“ nützlich und sparsam einzusetzen und insgesamt die

großen Ressourcen des menschlichen Verstandes im praktischen Leben stärker zu nutzen, also mit Wissenschaft und Technik auch die Wirtschaft zu befördern.

10. Leibniz' Ratio und Metaphysik

Um Leibniz' Philosophie und Theologie sowie die hieraus erwachsenen Antriebskräfte für die Vielfalt und Tiefe des Schaffens in allen damaligen Lebensbereichen zu verstehen, muss man seine – sicher zu groß und weit gesteckten und daher oft unerreichbaren – Ziele und Projekte für die wünschenswerte Entwicklung der absolutistischen Staaten Europas, die im Streit liegenden Kirchen und nicht zuletzt für die Verbesserung der Lebensbedingungen jedes Menschen analysieren. Dies alles war sein zentrales Anliegen und sollte auf der Basis eines neuen Wissenschaftsverständnisses in seinem „Programm einer Universalwissenschaft“, Abschnitt 5, und durch die Akademieprojekte in Berlin, Leipzig, Wien, St. Petersburg und anderswo mit dem Postulat, „die Civilisation zu leiten und zu befördern“, in Gang gebracht werden. Leibniz wollte also praktische und geistige Probleme erkennen, Lösungen suchen und erfinden, sie „berechnen“ mit systematischem Einsatz von Mathematik und Naturwissenschaften und all das Neugewonnene zusammenführen für das „commune bonum“.

Motivation und Triebfeder hierfür waren zum einen die „ratio naturalis“ und ein neues Lebens- und Weltverständnis seit der Renaissance und des beginnenden Zeitalters der Aufklärung (wie in den Abschnitten 2 und 4 ausgeführt) und – sehr wichtig – zum Anderen seine ebenfalls durch die „ratio naturalis“ und die mathematische Logik geleitete Metaphysik mit der Synthese von materieller und geistiger Welt, so dass seine Philosophie auch als ‚mathematisiert‘ bezeichnet wird.

Er wollte die Philosophie mit der Metaphysik nach dem Postulat „ratio et religio“ wieder ‚zusammenführen‘ und so die Spätscholastik mit Elementen der neuen mechanistischen Philosophie von René Descartes (der die Philosophie vom Joch der Scholastik befreien wollte und eine klare Trennung von Geist und Materie/Körper vollzog) und Baruch Spinoza (dem „Pantheisten“, mit dem Leibniz u. a. den ontologischen Gottesbeweis heftig diskutierte) durch seine Monadologie verbinden. Es ist zu bedenken, dass auch in der Hochscholastik mit Albertus Magnus und Thomas von Aquin die Ratio and Empirie – basierend auf Aristoteles und Augustinus – im Mittelpunkt philosophischen Denkens standen. In der Spätscholastik des 14. und 15. Jahrhunderts hatten Roger Bacon und Wilhelm von Ockham den Nominalismus erweitert und damit die für die Scholastik kennzeichnende enge Verknüpfung von Theologie und Philosophie zumindest teilweise gelockert: Der Einzelne, das Individuum, ist primär existent und bedarf

nicht der Begründung und Rechtfertigung aus dem Allgemeinen oder einer höheren Wirklichkeit gemäß der Ideenlehre Platons. Der so genannte ‚Universalienstreit‘ zwischen ‚Realisten‘ und den späteren ‚Nominalisten‘ war ja kennzeichnend für die gesamte Zeit der Scholastik vom 12. bis 16. Jahrhundert. Diese Anmerkungen sind notwendig, um Leibniz‘ Verknüpfungen von Altem und Neuem mit seinen bedeutenden neuen Gedankenmodellen zur Verbindung von Philosophie und Metaphysik aus seiner Zeit heraus zu verstehen. Sehr zustatten kamen ihm hierbei seine überragenden Fähigkeiten auf mathematischem Gebiet, sowohl in der Analysis als auch in der Aussagenlogik, worin er die aristotelische Syllogistik als unzureichende Sprachlogik entzauberte, s.a. Abschnitt 5.

Hans Heinz Holz drückt es in [8] so aus, dass Leibniz im Schnittpunkt von zwei Epochenparadigmen (des theologisch-transzendenzphilosophischen und des immanent-dialektischen Begründungsverfahrens) steht und damit das zentrale, durch die gesamte Tradition hindurch kontroverse Leib-Seele Problem aufgreift und ihm eine neue Wendung gibt. Wesentlich für die Leibnizsche Metaphysik sind der Substanzbegriff und die Einheit des Mannigfaltigen, wobei die Einheit in seinem vielfältigen konzeptionellen Denken und Handeln durch den Grundsatz „*Theoria cum praxi*“ angestrebt wird.

Im übrigen wird als Einführung in Leibniz‘ Leben und Werk [9] empfohlen und als bedeutende neue Biographie [10].

‚Leibniz‘ Monadologie geht von einfachen, unausgedehnten und unteilbaren Geist-Substanzen, den Monaden aus (siehe auch Abschnitt 2), welche die Individualität und Identität eines Menschen manifestieren und sich in einem vorauszusetzenden, prästabilisierten System innerhalb einer universellen Harmonie zu immer größerer Vollkommenheit entwickeln. In diesem Prozess der Vervollkommenung der Monaden zu immer klareren ‚Perceptionen‘ resultiert die menschliche Willensfreiheit aus vernünftigem und moralischem Handeln.

Leibniz‘ Gott ist also wesentlich Vernunft, Rationalität, und seine Philosophie damit in weiten Teilen zugleich Theologie. Das Hauptziel seiner Philosophie ist die Erkenntnis Gottes und der Seele in der Weise, dass sie Gott liebt und tugendhaft lebt. Dem Vorwurf, auch bei Leibniz sei die Philosophie die Magd der Theologie, entgegnet er, dass Glaubenswahrheiten zwar über die Vernunft hinausgehen, aber nicht gegen sie gerichtet sein dürfen. Selbst Wunder können hiermit in Einklang sein: Auch wenn sie nicht durch Tatsachenwahrheiten erklärbar sind, kann ihnen u. U. Rationalität beigemessen werden.

Wie bereits in Abschnitt 2 erwähnt, wird in der *Théodicée* die uralte menschliche Kernfrage neu gestellt, wieso angesichts der offenbaren Übel dieser Welt von einem gütigen Weltenschöpfer ausgegangen werden kann. Leibniz argumentiert, dass es im Falle der a priori Schöpfung einer vollkommenen Welt keinen Sinn und

kein Ziel gäbe, den Monaden Streben nach Vervollkommenung beizumessen. Wäre die Vollkommenheit der Welt eine Zustandsbeschreibung, könnte die moralische Evolution der Monaden nicht stattfinden, oder: Wenn es das Böse nicht gibt, kann man auch sein Gegenteil, das Gute, nicht erkennen und es zu erreichen suchen. Deshalb muss sowohl das Gute als auch das Böse in der Schöpfung zugelassen sein. Man kann das Übel in metaphysischer, physischer und moralischer Hinsicht unterscheiden: Das metaphysische Übel besteht in der einfachen Unvollkommenheit (denn die Vollkommenheit ist nur bei Gott), das physische wird im körperlichen Leiden erfahren, und das moralische Übel ist die Sünde.

Wesentlich ist nun, dass diese Übel nicht in erster Linie als Mängel der Schöpfung zu deuten sind, sondern als Angebot und Chance zur Vervollkommenung. Was wäre eine Handlung in sittlicher Hinsicht wert, wenn es nicht die Möglichkeit der Sünde gäbe? Daher hat Gott das Übel – das Böse – nicht an sich geschaffen, damit die Welt unvollkommen und mangelhaft wäre, denn dies würde der Vorstellung von der Existenz eines gütigen Gottes widersprechen: Vielmehr lässt er es nur zu, damit durch das Übel das Gute und damit die Vervollkommenung der Welt angestrebt wird damit in der Lesart der Monadologie die Monaden zu immer höheren Perceptionen gelangen. In der ständigen Konfliktsituation zwischen Gutem und Bösen besteht dann die Willensfreiheit wesentlich in vernünftigem Handeln.

Abschließend sei noch kurz auf eine weitere bedeutende Leibnizsche Schrift hingewiesen, die „Nouveaux Essais sur l’entendement humain“ von 1705 als Ergebnis der kritischen Auseinandersetzung mit John Lockes einflussreichem „Essay Concerning Human Understanding“ (seit 1671, veröffentlicht 1690). Leibniz veröffentlichte seinen Essais in nobler Weise nicht, weil Locke gestorben war.

Locke argumentiert u. a., es sei schwierig zu verstehen, dass eine Wahrheit im Geist sein könne, die dieser noch nie gedacht habe (Descartes’ idea innata). Leibniz entgegnet, dass es auch schwer zu verstehen sei, dass Adern im Marmor seien, ehe man sie entdeckt hat; er glaube, dass jeder Geist vollkommen sei, ggf. auch in (noch) nicht klaren Perceptionen. Daher kommentiert Leibniz den berühmten, in aristotelischer Tradition stehenden, Satz Lockes: „Nichts ist im Verstand, was vorher nicht in den Sinnen war“, mit dem Nachsatz: „...„außer dem Verstand selbst“.

In den ‚*Leibnizwelten*‘⁵ werden Materie, Geist und Seele zusammengeführt, nämlich in der *Einheit der Wissenschaft* im Programm einer Universalwissenschaft,

⁵ Mittelstraß, J.: Leibnizens Welt: Rechnen und Zusammenführen. Festvortrag in der Österreichischen Akademie der Wissenschaften am 09. Juli 2002 anlässlich der Eröffnung unserer Leibniz-Ausstellung

in der *Einheit der realen und geistigen Welt*, Letztere die Welt der Monaden, und in der Einheit von *Theorie und Praxis* zum geistigen und materiellen Fortschritt und damit zur Verbesserung der menschlichen Lebensbedingungen.

Das ‚Leibnizprogramm‘ wird von einem inhärenten Rationalismus geleitet und kann als perspektivische Vorstellung der umfassenden menschlichen Wirklichkeit verstanden werden.

Im 18. und 19. Jahrhundert wurde Leibniz‘ Philosophie mit Hohn und Spott bedacht, z. B. durch Voltaire (in seinem „Candide“), Schopenhauer (der die Welt sarkastisch nicht als die Beste, sondern als die Schlechteste aller Möglichen titulierte) und Hegel (der sich ernsthaft mit Leibniz beschäftigte, jedoch in Leibniz‘ Monadologie einen unbegründeten Optimismus sah). In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhundert und derzeit ist wieder eine wachsende Hinwendung zu Leibniz‘ Monadologie, jedoch mit neuen Attributen zu erkennen, nicht nur in Europa, sondern auch in den U.S.A., in China und Japan. Hieran finden auch heutige theoretische Physiker Interesse, insbesondere durch die zunächst verworfene und jetzt wieder aufgegriffene *Stringtheorie* mit Energiefäden als Urbausteinen der subatomaren Teilchen in einem elfdimensionalen Raum. Natürlich ist es spekulativ, eine hypothetische Klammer mit den Monaden zu suchen. Aber wenn die Ratio mitspielt, ist es durchaus im Sinne von Leibniz, der nicht nur das Bleibende im Wechsel, sondern auch den Wechsel im Bleibenden suchte.

In den philosophischen Lehren des 19. und 20. Jahrhunderts trat im Gefolge der Aufklärung die Metaphysik mit der a priori Annahme eines schöpferischen, gütigen Gottes immer mehr zurück, insbesondere als Basis für ethische Normen und moralische Imperative. In der Sozialphilosophie der Frankfurter Schule des 20. Jahrhunderts, insbesondere durch ihren bedeutenden Nachfolger Jürgen Habermas, werden friedliche Konfliktlösungen in den verschiedenen Ebenen menschlicher Gesellschaften durch kommunikatives Handeln und eine hiermit verknüpfte „Diskursethik“ angestrebt, die ihren Antrieb aus sich selbst heraus erhält.

Unabhängig davon ist zu bedenken, dass sich aus heutiger Sicht die Existenz eines weisen, schöpferisch planenden Gottes – anders als in der Scholastik – nicht aus der Lebenserfahrung und dem Staunen über die Genialität und zugleich die Einfachheit der Naturgesetze – und der hieraus entstandenen großen Komplexität und Schönheit der Strukturen mit vielfältigen Symmetrien und anderen Ordnungsprinzipien in der belebten und unbelebten Welt – logisch zwingend begründen lässt, auch wenn Albert Einstein sich in seinem Buch „Mein Weltbild“ so äußert, dass er angesichts dieses Staunens ein tief religiöser Mensch sei, jedoch die Idee eines „persönlichen“ Gottes in der jüdischen und christlichen Religion ablehne.

Was bleibt da von Leibniz' Metaphysik übrig? Der Verfasser ist der Überzeugung, dass die Sinnfindung für das menschliche Leben – über die Konfliktvermeidung hinaus – alleine aus der Empirie und Ratio heutigen Zusammenlebens vieler voneinander sehr abhängigen Gesellschaften und Gruppierungen und den hieraus entstandenen ethischen Paradigmen nicht möglich ist. Wir sind nicht zu den höheren Einsichten fähig, die eine rationale Brücke vom Materiellen – von der Physik – zur Metaphysik erfordert. Damit ist und bleibt der Glaube als Wagnis jedes Einzelnen der einzige Zugang zu Gott, der mit individuellen Ausprägungen ein positives Lebensgefühl und vielleicht zeitweise Glück hervorbringen kann, aber philosophisch gesehen bleibt das Leib-Seele Problem eine Aporie, ein unlösbares Problem.

Es war wohl zu früh, Leibniz' philosophisch-theologisches Mosaik im 18. und 19. Jahrhundert in die Archive zu verbannen; es ist vielmehr heutzutage wieder sehr stimulierend für ein ertragreiches, glückliches Leben im helfenden Miteinander unserer Mitmenschen.

11. Der Mensch Leibniz

Leibniz' Lebenswerk hat einen gewaltigen Umfang, blieb jedoch auch nach seinem Tod lange weitgehend unveröffentlicht. Seit 1901 (zuerst in Berlin und Paris) erfolgt in derzeit vier Leibniz-Archiven und -Forschungsstellen die Gesamtausgabe des Leibnizschen Nachlasses, die wahrscheinlich noch weitere 40 Jahre benötigt. Er schrieb während der langwierigen Reisen mit der Kutsche auf seinem Klappstuhl, diktierte, debattierte und hatte kaum Zeit für andere Seiten des Lebens. So blieb er unverheiratet, obwohl es hierzu Pläne gab und man ihn z. B. am Wiener Hof gerne verheiratet hätte. Der Kurfürstin und späteren Königin Sophie Charlotte von Brandenburg war er in Verehrung zugetan, und sie bezeichnete sich als seine Schülerin; ihr Tod im Jahre 1705 berührte ihn zutiefst, und er verfasste in seiner Trauer eines der schönsten Gedichte der Barockzeit.

Sein Arbeits- und Tatendrang ist seinem Genie zuzuschreiben, das alle ständig neuen Einfälle realisieren wollte. Leibniz schreibt über sich selbst: „Ich habe aber zugleich soviel Neues in der Mathematik, so viele Gedanken in der Philosophie und die Kenntnisse vieler anderer literarischer Neuigkeiten, dass ich oft nicht weiß, was ich zuerst tun soll.“

Natürlich war Leibniz ehrgeizig und auf Ruhm bedacht, wie man es aus einem Brief an Tschirnhaus im Jahre 1694 entnehmen kann: „.....und ist das Vornehmste die Begierde, etwas Herausragendes zu Wege zu bringen, verbunden mit einer gerechten Gesinnung anderen gegenüber, und muss man (den Menschen) den Ansporn des Ruhmes dabey laßen, den auch die Weisesten als letztes ablegen.“



Bild 14: Die Leibnizbüste von Johann Gottfried Schmidt...

Infolge seiner genialen Begabungen auf allen damaligen Wissensgebieten und immer neuen weit gestreuten Interessen blieb vieles unvollendet oder entstand nur als Konzept. Auf ihn trifft vielleicht der Ausspruch Ovids zu „der Überfluss hat mich arm gemacht.“

Gottfried Wilhelm Leibniz starb am 16. November 1716 in Hannover an den Folgen eines Steinleidens und der Gicht und wurde in der Neustädter Hof- und Stadtkirche St. Johannis beigesetzt. Seine Grabplatte trägt die Inschrift „Ossa Leibnitii“. Bild 14 zeigt einen Abguss der Leibniz-Büste von Johann Gottfried Schmidt, entstanden um das Jahr 1788 nach dem Stich von Martin Berningeroth, dieser wiederum nach dem bedeutenden Portrait von Andreas Scheitz, das sich in den Uffizien-Pitti in Florenz befindet. Sein in Bild 14 zitierter Spruch „Wer mich nur aus meinen Werken kennt, kennt mich nicht“ weist uns darauf hin, dass auch die ‚Leibniz-Welten‘ nicht alle Bereiche seines menschlichen Fühlens und Verlangens erfassen.

Schriftenverzeichnis

- [1] STEIN, E. & A. HEINEKAMP (eds.): Gottfried Wilhelm Leibniz: Mathematiker, Physiker, Techniker; Begleitbuch zur Leibniz-Ausstellung 1990 in Hannover, Eigenverlag 1990
- [2] POPP, K. & E. STEIN (eds.): Gottfried Wilhelm Leibniz: Philosoph, Mathematiker, Physiker, Techniker, Begleitbuch zur Leibniz-Ausstellung 2000 in Hannover, getrennt in (a) deutscher und (b) englischer Sprache, Schlütersche, Universität Hannover 2000

- [3] STEIN, E. & K. POPP: Bilder und Texte der Leibniz-Ausstellung in : GAMM-Mitteilungen, Band **24**, 2001, Heft 1, S. 1-75, Wiley-VCH, Berlin
- [4] STEIN, E. & K. POPP: The Leibniz Exhibition, in: IACM Expressions No. **11**, September 2001, S. 28-35, published by the IACM Secretariat, Barcelona
- [5] STEIN, E. & K. WIECHMANN: New insight into the beginning of optimization and variational calculus in the 17th century, in Poser, Hans (Hrsg.), Vorträge des VII. Internationalen Leibniz-Kongresses, Berlin, 2001, S. 1229-1238
- [6] STEIN, E. & K. WIECHMANN : New Insight into optimization and variational problems in the 17th century, Engineering Computations, Vol **20** (2003) 699-724
- [7] KOPP, F.-O., K. POPP & E. STEIN: Neue Forschungsergebnisse und Nachbauten zu den Leibnizschen Rechenmaschinen, wird 2005 bei den ‚Studia Leibniziana‘ der Leibniz-Gesellschaft Hannover zur Veröffentlichung eingereicht.
- [8] HOLZ, H. H.: Gottfried Wilhelm Leibniz, Campus Verlag, Frankfurt/New York, 1992
- [9] FINSTER, R. & G. VAN DEN HEUVEL: Gottfried Wilhelm Leibniz, Rowohlt's Monographien, 3. Aufl. 1997
- [10] HIRSCH, E.C.: Der berühmte Herr Leibniz, Verlag C.H. Beck München, 2000.